



BACHELORARBEIT

Frau
Sabrina Waldmann

**Inwieweit ist es sinnvoll,
gezielt Maßnahmen zur
Prävention einer vorderen
Kreuzbandruptur
durchzuführen?**

2016

BACHELORARBEIT

Inwieweit ist es sinnvoll, gezielt Maßnahmen zur Prävention einer vorderen Kreuzbandruptur durchzuführen?

Autor/in:

Frau Sabrina Waldmann

Studiengang:

Gesundheitsmanagement

Seminargruppe:

GM13wP1-B

Erstprüfer:

Prof. Dr. sc. med. Thomas Müller

Zweitprüfer:

Dr. med. Karlheinz Zeilberger

Einreichung:

Königsdorf, 07.06.2016

BACHELOR THESIS

**How far does it make sense to
implement specific measures for
prevention of anterior cruciate
ligament ruptures?**

author:
Ms. Sabrina Waldmann

course of studies:
Health Management

seminar group:
GM13wP1-B

first examiner:
Prof. Dr. sc. med. Thomas Müller

second examiner:
Dr. med. Karlheinz Zeilberger

submission:
Königsdorf, 07.06.2016

Abstract

Nachname, Vorname: Waldmann, Sabrina

Inwieweit ist es sinnvoll, gezielt Maßnahmen zur Prävention einer vorderen Kreuzbandruptur durchzuführen?

How far does it make sense to implement specific measures for prevention of anterior cruciate ligament ruptures?

49 Seiten, Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences, Fakultät Medien, Bachelorarbeit, 2016

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich auf Basis von Fachliteratur mit den Auswirkungen von verschiedenen Präventionsmaßnahmen zur Verhinderung einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes.

Die Grundlage des Themas bilden unterschiedliche Präventionsstrategien, die auf deren Umsetzbarkeit durch den Verfasser untersucht und Erfolge, sowie Misserfolge dokumentiert werden.

Das Verständnis für anatomische Zusammenhänge und das Wissen um die Entstehung einer Kreuzbandruptur ist hierbei von zentraler Bedeutung und wird aus diesem Grund bereits zu Beginn der Arbeit erläutert. Im Fokus des Forschungsinteresses steht dabei die Frage: "Inwieweit ist es sinnvoll, gezielt Maßnahmen zur Prävention einer vorderen Kreuzbandruptur durchzuführen?". Die Arbeit zeigt, dass präventive Maßnahmen durchaus zu einer Reduktion vorderer Kreuzbandrupturen führen können, jedoch existieren unterschiedliche Einflussfaktoren die diese Ergebnisse beeinträchtigen.

Inhaltsverzeichnis

Abstract	I
Inhaltsverzeichnis	II
Abkürzungsverzeichnis.....	III
Abbildungsverzeichnis.....	IV
1 Einleitung.....	1
1.1 Bedeutung der Verletzung des vorderen Kreuzbandes unter epidemiologischen Gesichtspunkten	1
1.2 Definition und Begriffserklärung Prävention	2
1.3 Zielsetzung der Arbeit und Forschungsfrage	3
1.4 Struktur und Aufbau der Arbeit	3
2 Das vordere Kreuzband.....	5
2.1 Anatomie.....	5
2.2 Funktion	6
2.3 Risikofaktoren für Verletzungen.....	8
2.3.1 Intrinsische Faktoren	8
2.3.2 Extrinsische Faktoren	12
2.4 Verletzungsmechanismen	13
3 Analyse präventiver Maßnahmen	15
3.1 Präventionsstrategien	15
3.1.1 Gezielte Präventionsprogramme zur Senkung der Risikofaktoren für VKB Verletzungen ohne Fremdeinwirkung	17
3.1.2 Gezielte Präventionsprogramme zur Senkung von VKB Verletzungen ohne Fremdeinwirkung	24
3.1.3 FIFA 11+.....	35
3.2 Ergebnis.....	37
3.2.1 Studien zur Ablehnung präventiver Maßnahmen	38
3.2.2 Studien zur Annahme präventiver Maßnahmen	39
3.2.3 Zusammenfassung der Erhebungsergebnisse.....	41
4 Diskussion der Ergebnisse	43

4.1 Limitationen	43
4.2 Stärken	45
5 Fazit.....	48
Literaturverzeichnis.....	V
Anlagen.....	XI
Eigenständigkeitserklärung.....	XIII

Abkürzungsverzeichnis

ACL	anterior cruciate ligament
AE	athlete exposure, Belastung der Athleten
DVJ	drop vertical jump
Et al.	et alii, et aliae, et alia (u.a., und andere)
Lig.	Ligamentum
M.	Musculus
Mm.	Musculi
PEP	Prevent Injury and Enhance Performance
VKB	vorderes Kreuzband
Q-angle	Quadriceps angle
Q-Winkel	Quadrizeps-Winkel

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Ansicht eines gebeugten Kniegelenks (li) von vorne	5
Abb. 2: Bestimmung des Q-Winkels durch zwei Linien	10
Abb. 3: foot-shoe-ground interface	14
Abb. 4: Beispiel eines plyometrischen Trainingsprogramms	18
Abb. 5: Darstellung des Knieabduktionsmoments (Knee Abduction)	20
Abb. 6: Neuromuskuläres Trainingsprogramm	22
Abb. 7: „PEP Program“	26
Abb. 8: Merkmalsunterschiede zwischen Interventions- und Kontrollgruppe	27
Abb. 9: Vergleich ausgewählter Verletzungen und Verletzungsraten (per 1000 AE) ...	28
Abb. 10: Phasen und Übungen des „KLIP“	31
Abb. 11: Übungsausführung und Wiederholungszahl aus „the 11“	33
Abb. 12: Belastungsdaten in Stunden pro Team	34
Abb. 13: Vergleich der Verletzungen/1000 Std im Fußball zwischen FIFA 11+ und herkömmlichem Aufwärmen	36
Abb. 14: Studien zur Ablehnung präventiver Maßnahmen	38
Abb. 15: Studien zur Annahme präventiver Maßnahmen (1/2).....	39
Abb. 16: Studien zur Annahme präventiver Maßnahmen (2/2).....	40

1 Einleitung

1.1 Bedeutung der Verletzung des vorderen Kreuzbandes unter epidemiologischen Gesichtspunkten

Die Bedeutung des Freizeit- und Leistungssports hat in den letzten Jahren erheblich zugenommen. Dabei stehen die Mittel, eine kontinuierliche Leistungssteigerung der Athleten zu generieren in keinem Verhältnis zu den Maßnahmen, die ergriffen werden, um Sportverletzungen zu vermeiden (vgl. Eriksson, 2000, S. 969). Die dadurch am häufigsten vorkommende Verletzung ist die Ruptur des vorderen Kreuzbandes (VKB) am Kniegelenk (vgl. Gottlob, Baker, Pellissier, & Colvin, 1999, S. 279). Allein in den USA werden jährlich zwischen 200.000 und 300.000 VKB operiert (vgl. Eriksson, 2000, S. 970). Die volkswirtschaftlichen Kosten, die durch die notwendige Behandlung entstehen, sind enorm und umfassen in den USA jährlich etwa 2 Milliarden US\$ (vgl. Gottlob u. a., 1999, S. 279).

Laut Gesundheitsbericht des Bundes kam es in Deutschland 2014 zu 34.766 Kreuzbandrupturen, was einer Inzidenz von etwa 43:100.000 Einwohnern entspricht (vgl. www.gbe-bund.de, Zugriff v. 09.04.2016).

Verletzungen entstehen allgemein aufgrund von muskulärer Erschöpfung, vorherigen Verletzungen, einem Mangel an körperlicher Vorbereitung oder mitunter unglücklichen Umständen. Verletzungen können nicht vollkommen verhindert werden, jedoch lässt sich das Risiko des Auftretens einer Verletzung reduzieren. Muskuloskelettale Erschöpfung beispielsweise entsteht wegen eines zu hohen Stressgrades des Gewebes, welches diesen nicht mehr tolerieren kann. Aus diesem Grund besteht der Zweck von Verletzungsprävention darin, Vorgehensweisen zu finden, um akuten oder chronischen Stress auf das Gewebe zu vermeiden und beziehungsweise oder die Stresstoleranz des Gewebes zu erhöhen, um einer muskuloskelettalen Erschöpfung vorzubeugen (vgl. Joyce & Lewindon, 2016, S. 11).

J. Ekstrand, J. Gillquist, M. Möller, et al. veröffentlichten 1983 "Incidence of soccer injuries and their relation to training and team success" und kamen zu dem Ergebnis, dass bis zu 75% aller Fußballverletzungen durch die Umsetzung der

richtigen präventiven Strategien verhindert werden könnten. Jedoch weisen deren Studien zudem auf, dass Prävention auch ihre Grenzen besitzt.

1.2 Definition und Begriffserklärung Prävention

Im Gesundheitswesen steht der Begriff Prävention für zielgerichtete Maßnahmen und Aktivitäten, um Krankheiten oder Verletzungen vorzubeugen, das Risiko dafür zu verringern oder das Vorkommen zu verzögern. Viele Krankheiten werden im Laufe des Lebens erworben, sind nicht angeboren und können so durch Prävention positiv beeinflusst werden. Der Zeitpunkt, zu dem präventive Maßnahmen eingesetzt werden bestimmt die Zuordnung zur primären, sekundären oder tertiären Prävention. Das Ziel der primären Prävention ist es, die Entstehung einer Krankheit direkt zu verhindern. Die sekundäre Prävention zielt auf die Früherkennung von Krankheiten ab, um zu einem möglichst frühen Zeitpunkt eine Therapie einleiten zu können. Der tertiären Prävention wird eine Milderung von Krankheitsfolgen, eine Vermeidung eines Rückfalls bei schon entstandener Krankheit und eine Verhinderung der Verschlimmerung einer Erkrankung zugeordnet. Eine weitere Unterscheidung wird im Hinblick auf das Ansetzen am individuellen Verhalten, der so genannten Verhaltensprävention, oder an den Lebensverhältnissen, der Verhältnisprävention vorgenommen. Die Verhaltensprävention bezieht sich auf den einzelnen Menschen und dessen Verhalten in Bezug auf seine Gesundheit, während die Verhältnisprävention unter anderem Lebens- und Arbeitsverhältnisse berücksichtigt (vgl. www.bmg.bund.de, Zugriff v. 15.05.16).

Die präventiven Maßnahmen mit denen sich der Verfasser in dieser Arbeit auseinandersetzt, können sich zum größeren Teil der primären Prävention zuordnen lassen. Jedoch findet auch die tertiäre Prävention Anwendung, wenn sich diese Maßnahmen auf die Prävention von erneuten VKB-Verletzungen beziehen. In dem hier untersuchten Thema der Reduktion von VKB-Verletzungen müssen im Hinblick auf die Umsetzung dieser Maßnahmen nicht nur die Verhaltensprävention, sondern auch die Verhältnisprävention, somit äußere Einflussfaktoren, wie beispielsweise die Bodenbeschaffenheit oder das Schuhwerk, untersucht werden.

1.3 Zielsetzung der Arbeit und Forschungsfrage

Durch die Ausarbeitung der vorliegenden Bachelorarbeit soll folgende Forschungsfrage überprüft werden: *Inwieweit ist es sinnvoll, gezielt Maßnahmen zur Prävention einer vorderen Kreuzbandruptur durchzuführen?*

Wie im vorherigen Abschnitt angesprochen, stellt die Vermeidung oder Reduzierung von VKB-Verletzungen einen wichtigen Aspekt für sowohl Sport als auch Wirtschaft dar. Insbesondere das Verständnis der anatomischen Zusammenhänge und der Risikofaktoren spielt hierbei eine bedeutende Rolle.

Ziel der Arbeit ist es, zu untersuchen, inwieweit präventive Maßnahmen zur Vermeidung einer vorderen Kreuzbandruptur sinnvoll sind und zu welchem Zeitpunkt diese ein im Kosten-Nutzen-Verhältnis angebrachtes Maß überschreiten, um einen wertvollen Beitrag für den Sport als auch die Wissenschaft zu liefern. Dies soll basierend auf unterschiedlichen Präventionsstrategien erfolgen, die sowohl zur Senkung der Risikofaktoren für VKB-Verletzungen ohne Fremdeinwirkung, als auch zur Senkung von VKB-Verletzungen ohne Fremdeinwirkung direkt beitragen. Um ein Verständnis für die Entstehung vorderer Kreuzbandrupturen zu erlangen, wird eine anatomische Einführung durch die Verfasserin, sowie unterschiedliche intrinsische sowie extrinsische Risikofaktoren für Verletzungen und Verletzungsmechanismen analysiert.

1.4 Struktur und Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Bachelorarbeit zur oben definierten Themenfrage ist in Betrachtung des inhaltlichen Vorgehens nach folgendem Konzept erstellt:

Nach der Einführung wird in Kapitel zwei zunächst auf die anatomisch relevanten Gegebenheiten des VKB, sowie dessen Funktionen eingegangen. Im Anschluss daran werden sowohl intrinsische, wie auch extrinsische Risikofaktoren für Verletzungen und unterschiedliche Verletzungsmechanismen verdeutlicht.

Die darauffolgenden Kapitel bilden den Kern der Arbeit. Zunächst werden in Kapitel drei ausgewählte Präventionsstrategien untersucht und deren Ergebnisse präsentiert. Im Anschluss daran erfolgt eine Einteilung der jeweiligen Studien, welche entweder die Annahme oder die Ablehnung präventiver Maßnahmen als

sinnvolles Mittel gegen VKB-Verletzungen beschreiben. Den Schluss der Arbeit bildet in Kapitel vier eine Diskussion über die beschriebenen Ergebnisse. Dies soll zu einer Beantwortung der Themenfrage, inwieweit präventive Maßnahmen als sinnvolles Mittel zur Reduktion von VKB-Verletzungen angenommen oder abgelehnt werden können, führen.

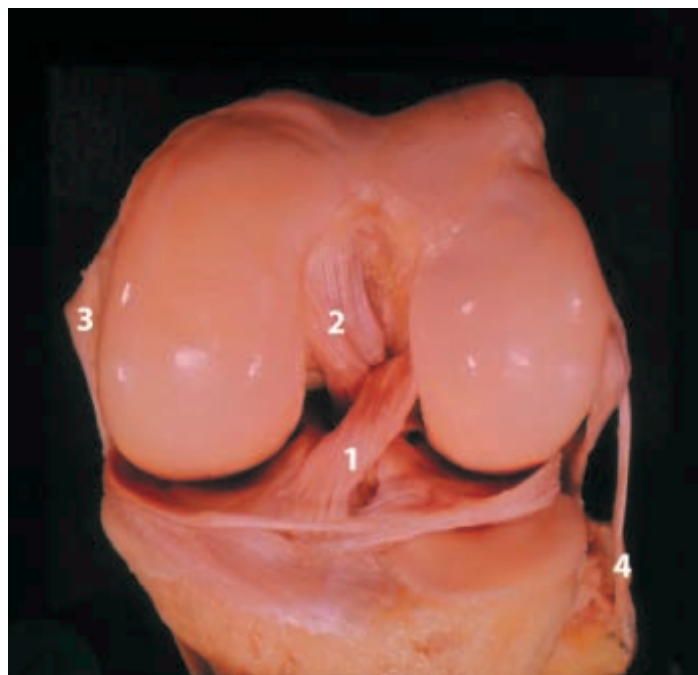
2 Das vordere Kreuzband

Um präventive Maßnahmen besser verstehen zu können, müssen zunächst anatomische und funktionelle Aspekte des Kniegelenks verdeutlicht werden. Im Anschluss daran werden Risikofaktoren, sowohl intrinsischer als auch extrinsischer Art, aufgezeigt und auf die verschiedenen Verletzungsmechanismen eingegangen.

2.1 Anatomie

Das größte und komplizierteste Gelenk des menschlichen Körpers ist das Kniegelenk (vgl. Gehrke, 2012, S. 218). Das Knie ist ein Drehscharniergelenk und stellt eine tragfähige und statisch zuverlässige Verbindung zwischen Femur und Tibia dar. In der Fortbewegung ermöglicht es jedoch einen dynamischen Wechsel zwischen Beuge-, Streck- und Drehbewegungen (vgl. Kohn & Abermann, 2016, S. 19). An der Sicherung des Kniegelenks sind in erster Linie die Bänder beteiligt. Die Wichtigsten stellen das Lig. collaterale tibiale (3), das innere Seitenband, das Lig. collaterale fibulare (4), das äußere Seitenband, das Lig. cruciatum posterius (2), das hintere Kreuzband und das Lig. cruciatum anterius (1), das vordere Kreuzband dar (vgl. Gehrke, 2012, S. 224), die in Abbildung 1 veranschaulicht werden.

Abb. 1: Ansicht eines gebeugten Kniegelenks (li) von vorne



(W. Petersen & Tillmann, 2002, S. 712)

Der Ursprung des vorderen Kreuzbandes liegt an der Innenfläche des Condylus ossis femoris lateralis, dem seitlichen Oberschenkelgelenkkopf, verläuft schräg durch die Fossa intercondylaris, eine Knochenvertiefung zwischen den Gelenkhöckern am Knie und inseriert im mittleren Anteil der Area intercondylaris anterior, einem Teil des Tibiaplateaus (vgl. W. Petersen & Tillmann, 2002, S. 710). Das Tibiaplateau, die Fläche auf der das Schienbein liegt, wird in ventral und dorsal liegende Flächen unterschieden, der Area intercondylaris anterior bzw. posterior (vgl. Strobel, Stedtfeld, & Eichhorn, 2013, S. 5 f.). Den größten Durchmesser besitzt das VKB in ovaler Form an seinem Ursprungsort, dieser beträgt dort circa 5 mm. Das VKB besitzt eine Länge zwischen 3,2 und 4,4 cm (vgl. Wilcke, 2013, S. 15).

Zusammengesetzt ist das vordere Kreuzband aus einer Vielzahl an kleinen Faserbündeln, wobei man zwischen vorderen-inneren und hinteren-äußeren, bezeichnet als anteromedial und posterolateral inserierende Fasern unterscheidet (vgl. W. Petersen & Tillmann, 2002, S. 710).

Den genauen Verlauf der beiden Kreuzbänder bestimmt die Stellung des Kniegelenks. Bei gebeugter Stellung ist eine horizontale Verlaufsrichtung, sowie eine Anspannung des antero-medialen Anteils des Lig. cruciatum anterius, zu verzeichnen. Die Außenrotation des Kniegelenks bewirkt eine Entspannung des vorderen Kreuzbandes, wohingegen die Innenrotation eine Anspannung auslöst.

2.2 Funktion

Kreuzbänder und Seitenbänder stellen die wichtigsten Stabilisatoren des Kniegelenks dar, wobei eine Überschneidung und Ergänzung der jeweiligen Funktionen besteht. Die Hauptfunktion der Kreuzbänder liegt darin, die Verschiebung von Femur und Tibia im Kniegelenk in der Saggitalebene bestmöglich zu unterbinden (vgl. Gehrke, 2012, S. 226). Die Verschiebung der Tibia durch das VKB nach vorne zu unterbinden gelingt am wirksamsten in einem Beugewinkel von 20° bis 30° (vgl. W. Petersen & Tillmann, 2002, S. 711). Ist eine Verschiebung der Tibia in der Sagittalebene gegenüber dem Femur möglich, wird von einer Insuffizienz oder Verletzung der Kreuzbänder ausgegangen, was durch den sogenannten Lachman-Test nachgewiesen werden kann. Eine weitere wichtige Funktion der Kreuzbänder stellt die Stabilisierung des Kniegelenks in der Frontal- und Horizontalebene dar. Zudem unterstützt das vordere Kreuzband mit

seinem postero-lateralen Anteil die Stabilisierung des Kniegelenks in Streckstellung (vgl. Rauber & Leonhardt, 1987, S. 565–566).

Auch bei der Rotationssicherung besitzen die Kreuzbänder eine wichtige Rolle, denn sie dienen als sekundäre Stabilisatoren, da sie sich bei Innenrotation umeinander wickeln, wodurch die Verdrehung des Unterschenkels nach innen unterbunden wird. Die Beteiligung an einer Sicherung gegen varische und valgische Kräfte, einer von innen oder außen auf den Unterschenkel einwirkenden Kraft (vgl. Gehrke, 2012, S. 226), liegt durch die Kreuzbänder bei 15% (varus) und 22% (valgus) (vgl. W. Petersen & Tillmann, 2002, S. 711).

Des Weiteren übernehmen die Kreuzbänder gemeinsam mit den Kollateralbändern eine wichtige kinematische und mechanische Funktion am Kniegelenk (vgl. Rauber & Leonhardt, 1987, S. 565–566), die sogenannte Propriozeption (vgl. W. Petersen & Tillmann, 2002, S. 711).

Auf das VKB wirken oftmals während dem Sport oder in alltäglichen Situationen große Kräfte. Um Verletzungen vorzubeugen, werden über Propriozeptoren unbewusst Muskelgruppen aktiviert und so das Kreuzband bei seinen Aufgaben zum Schutze des Kniegelenkes unterstützt (vgl. Beard, Kyberd, O'Connor, Fergusson, & Dodd, 1994, S. 219). Die Propriozeptoren, die Rezeptoren der Tiefensensibilität, dienen als Sensoren für die Gelenkstellung und steuern auf diese Weise den Tonus und die Aktivität der stabilisierenden Muskeln (vgl. W. Petersen & Tillmann, 2002, S. 711). Die unter Anderem in Muskeln, Bändern und Gelenken vorkommenden Mechanorezeptoren melden die benötigten propriozeptiven Informationen. Diese existieren ebenfalls im Verankerungsbereich des VKB, dienen als ständige Sensoren für die Gelenkstellung und steuern sowohl die Aktivität der ischiokruralen Muskulatur (vgl. Beard u. a., 1994, S. 219), worunter zweigelenkige Muskeln, welche die Hüfte extendieren und das Knie flektieren, verstanden werden (vgl. Wolf Petersen, Rosenbaum, & Raschke, 2005, S. 153) als auch die des Musculus quadriceps, welche für die Stabilisierung des Kreuzbandes verantwortlich sind. Beard et al. bewies in einer Studie, dass nach einer VKB-Ersatzplastik die Stabilität des Kniegelenks wieder hergestellt werden konnte. Die propriozeptive Information, welche durch das VKB übertragen wurde, konnte jedoch nicht regeneriert werden und führte zu einem Defizit in der muskulären Unterstützung (vgl. Beard u. a., 1994, S. 219). Rupturen des VKB führen demnach oft zu einer Herabsetzung der Wahrnehmung des Kniegelenks (vgl. W. Petersen & Tillmann, 2002, S. 711), was sich bei den Patienten meist als ein subjektives Instabilitätsgefühl äußert (vgl. Wolf Petersen, Zantop, & Becker,

2009, S. 14). Dies ist ein Grund, warum Prävention in diesem Zusammenhang von so großer Bedeutung ist. In den anschließenden Kapiteln wird auf unterschiedliche Risikofaktoren eingegangen, die für die Umsetzung präventiver Maßnahmen von zentraler Bedeutung sind.

2.3 Risikofaktoren für Verletzungen

Der Leitsatz McLeans (2010) „We can only prevent what we understand“ postuliert, dass vor allem das Verständnis der Risikofaktoren und Verletzungsmechanismen einen essentiellen Faktor für Verletzungsprävention im Sport darstellt (vgl. Bahr, 2005, S. 324). Aus diesem Grund wird in den folgenden Abschnitten auf diese Voraussetzungen detaillierter eingegangen.

Frauen sind in der gleichen Sportart zwei bis viermal so anfällig eine Ruptur des VKB zu erleiden als Männer. Zudem besteht eine dreimal höhere Gefahr bei Frauen, diese ohne jegliche Fremdeinwirkung zu erleiden (vgl. Russel, Palmieri, Zinder, & Ingersoll, 2006, S. 166). Um die Hintergründe der Verletzungen ohne Fremdeinwirkung besser zu verstehen, ist es wichtig, die mechanischen und neuromuskulären Faktoren, die sich auf das komplexe Gelenk des Knies beziehen, zu untersuchen. Dabei zeigen sich eine Vielzahl von unterschiedlichen intrinsischen sowie extrinsischen Faktoren, wodurch eine höhere Anfälligkeit von Frauen bezüglich Verletzungen des VKB zu erklären ist. Diese werden im Anschluss verdeutlicht.

2.3.1 Intrinsische Faktoren

Unter dem Begriff der Intrinsischen Faktoren werden alle Einflussfaktoren verstanden, die auf die persönlichen Eigenschaften eines Sportlers aus eigenem Antrieb, von innen einwirken. Eine Quantifizierung der Bedeutung dieser Faktoren ist oft nicht einfach, jedoch nehmen intrinsische Risikofaktoren eine beachtliche Wirkung auf Schwere und Häufigkeit vieler Kniegelenksverletzungen (vgl. Moore & Frank, 1997, S. 126).

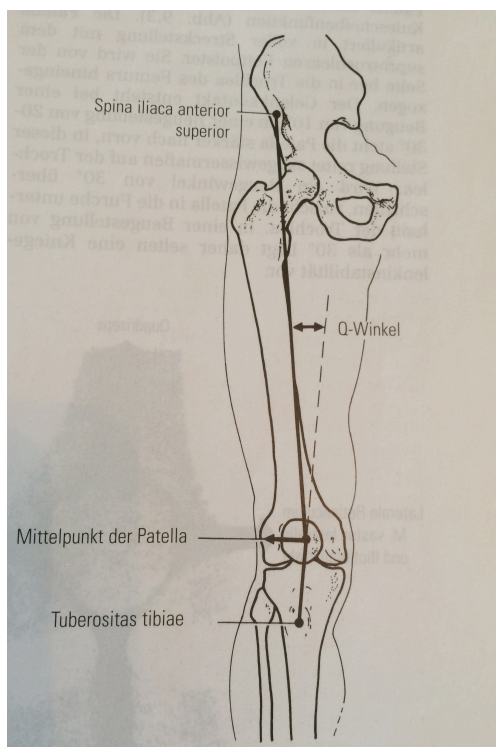
Anatomische Gegebenheiten führen zu unterschiedlichen Risiken für eine Verletzung des VKB (vgl. Hewett, 2006, S. 299). Die Reißfestigkeit eines Kreuzbandes steht in unmittelbarem Zusammenhang mit dessen Breite, die von

Mensch zu Mensch und vor allem geschlechtsspezifisch sehr differiert (vgl. Chaudhari, Zelman, Flanigan, Kaeding, & Nagaraja, 2009, S. 1282–1283).

So wirkt sich beispielsweise der Durchmesser des interkondylären Notchs, der Kreuzbandhöhle, auf die Breite des VKB aus. Ein kleinerer Durchmesser der Kreuzbandhöhle schließt demnach auf einen kleineren Durchmesser des Kreuzbandes und steigert somit das Risiko eines Kreuzbandrisses (vgl. Wolf Petersen u. a., 2005, S. 151). Die Wechselwirkung zwischen einem schmalen Kreuzband und einem schmalen interkondylären Notch wurde bereits in mehreren Studien festgestellt (vgl. Comerford, Tarlton, Avery, Bailey, & Innes, 2006, S. 273). Das interkondyläre Notch von Frauen ist im Vergleich zu dem der Männer häufig schmaler. Dies trägt zudem zu der Annahme eines höheren Verletzungsrisikos von Frauen bei (vgl. Chaudhari u. a., 2009, S. 1282–1283).

Ein weiterer anatomischer Gesichtspunkt ist die Größe des Beckens der Frauen. Dieses ist verhältnismäßig breiter (vgl. Griffin, 2006, S. 1514) und führt so zu einem erhöhten “Q-angle”, dem Quadriceps Angle (Quadrizeps Winkel). Die leichte Valgusstellung des Knies führt zu einem Winkel zwischen Zuglinie des Quadrizeps und der Patellarsehne, dem sogenannten Q-Winkel. Der Zug des Quadrizeps bewirkt so eine nach lateral gerichtete Kraft, die den Q-Winkel vergrößert (vgl. Marzo & Wickiewicz, 1997, S. 140). In der anschließenden Abbildung von Marzo & Wickiewicz wird der Zusammenhang zwischen der Größe des Beckens und der Auswirkung auf den Q-Winkel deutlich.

Abb. 2: Bestimmung des Q-Winkels durch zwei Linien



(Marzo & Wickiewicz, 1997, S. 140)

Zwei Linien bestimmen die Größe des Q-Winkels. Die eine verläuft zwischen der Spina iliaca anterior superior, einem Knochenvorsprung am vorderen Ende des Beckenkamms und dem Mittelpunkt der Patella, während die andere zwischen dem Mittelpunkt der Patella und der Tuberositas tibiae, einem Knochenfortsatz des proximalen Endes der vorderen Schienbeinkante (Schienbeinplateau) gezogen wird (vgl. Moore & Frank, 1997, S. 139).

Ein erhöhter Q-Winkel maximiert die Wahrscheinlichkeit einer Verletzung der unteren Extremitäten. Statistische Q-Winkel-Untersuchungen konnten den direkten Zusammenhang zwischen einem erhöhten Q-Winkel und einer Verletzung des VKB nicht belegen, jedoch unterstützt dies zukünftige Nachforschungen über weitere dynamische neuromuskuläre Faktoren und ihre Rolle im Zusammenspiel der Extremitäten während Landung und “Cutting”, dem schnellen Richtungswechsel (vgl. Hewett, 2006, S. 301).

Muskuläre Dysbalancen zwischen den Streckern und den Beugern des Kniegelenks stellen einen weiteren intrinsischen Risikofaktor für Verletzungen dar (vgl. Moore & Frank, 1997, S. 127). Der M. quadriceps femoris, bestehend aus dem M. vastus medialis, dem M. vastus lateralis, dem M. vastus intermedius und

dem M. rectus femoris, bilden zusammen die Strecker des Kniegelenks. An der Beugung sind die Hamstrings beteiligt, zu denen der M. semitendinosus, der M. semimembranosus und der M. Biceps femoris gehört. Außerdem an der Beugung beteiligt ist der M. triceps surae (vgl. Appell, Stang-Voss, & Battermann, 2008, S. 86–88).

Anatomisch vorgegeben ist zusätzlich die Quadrizepsdominanz von Frauen (vgl. Wolf Petersen u. a., 2005, S. 150), welche eine antagonistische Wirkung auf das VKB besitzt (vgl. www.oc-bayreuth.de, Zugriff v. 09.04.2016).

Eine geringere Festigkeit, die sogenannte “stiffness” der Einheiten der Muskelsehnen wurde bei Frauen festgestellt. Dies beeinträchtigt unter anderem die Verbesserung des Speicherns und Wiedergewinnens von Energie im physiologischen Dehnungs- und Verkürzungszyklus (vgl. Eiling, Bryant, Petersen, Murphy, & Hohmann, 2007, S. 130).

Unterschiede in der Koordination von Bewegungen und der neuromuskulären Kontrolle können außerdem die unterschiedliche Häufigkeit von Kreuzbandverletzungen bei Männern und Frauen erklären (vgl. Wolf Petersen u. a., 2005, S. 150). Man spricht von Defiziten in der Propriozeption, den Rezeptoren der Tiefensensibilität, welche als Sensoren für die Gelenkstellung dienen und auf diese Weise den Tonus und die Aktivität der stabilisierenden Muskeln steuern (vgl. W. Petersen & Tillmann, 2002, S. 711).

Dabei spielt die abweichende Landung nach Sprüngen eine zentrale Rolle (vgl. Wolf Petersen u. a., 2005, S. 150), welche in 2.4 unter dem Punkt Verletzungsmechanismen genauer erklärt wird.

Weitere wichtige Aspekte der intrinsischen Risikofaktoren nehmen der aktuelle Trainingszustand und die Erfahrung des Sportlers ein. Ein Skifahrer mit wenig Erfahrung tendiert beispielsweise bei zunehmender Ermüdung und Abnahme der Oberschenkelkraft dazu, den Quadrizeps zu entlasten. Dies geschieht durch verstärkte Streckung im Kniegelenk bei simultaner vermehrter Hüftbeugung. Die Wirkung des Quadrizeps und die Rotation im Hüftgelenk verringert sich, was zu einer Steigerung des Verletzungsrisikos führt. Eine anschließende starke Rotation der Tibia führt zu erhöhter Gefahr eines Bänderrisses, in den meisten Fällen zu einer Ruptur des VKB (vgl. Moore & Frank, 1997, S. 126).

Hormonelle Risikofaktoren werden ebenfalls den intrinsischen Risikofaktoren zugeordnet. Östrogen gilt als hervorgehobener Grund eines Anstiegs der

Verletzungsraten des VKB bei Frauen. Moller-Nielson und Hammar veröffentlichten 1989 eine Studie über den Zusammenhang des Menstruationszyklus mit Verletzungen im Frauenfußball (Women's soccer injuries in relation to the menstrual cycle and oral contraceptive use). Dabei fanden sie heraus, dass während der "luteal phase", der zweiten Phase des Monatszyklus, eine höhere Wahrscheinlichkeit von Verletzungen bestand. Einen ähnlichen Zusammenhang begründeten auch Wojtys et al., die einen Anstieg an VKB-Verletzungen ohne Fremdeinwirkung während der Phase des Eisprungs (ovulatory phase) feststellen konnten. In dieser Phase erreicht die Konzentration an Östrogen- und Relaxinhormonen ihren Höchststand (vgl. Hewett, 2006, S. 302).

2.3.2 Extrinsische Faktoren

Unter dem Begriff Extrinsische Faktoren werden alle Verhaltensweisen zusammengefasst, die von außen beeinflusst oder gesteuert werden können.

Die Gegebenheit der Spiel- oder Lauffläche wurde lange Zeit nicht als Ursache einer VKB Ruptur in Betracht gezogen, jedoch haben eine Vielzahl an Studien in Australien ergeben, dass die Bodenbeschaffenheit eine zentrale Rolle in der Prävention von Knieverletzungen spielt. Der Reibungskoeffizient zwischen der Sohle des Sportschuhs und des Bodens gilt neueren Kenntnissen zufolge als Ursache eines Kreuzbandrisses. Ein erhöhtes Verletzungsrisiko besteht bei einem hohen Reibungskoeffizienten (vgl. Dowling, Corazza, Chaudhari, & Andriacchi, 2010, S. 478). Weshalb dieser Aspekt als wichtiger extrinsischer Faktor genannt werden muss. Jedoch ergibt sich ein Konflikt zwischen dem Streben nach einer optimalen sportlichen Leistung durch größtmögliche Bodenhaftung des Schuhs und einer bei zu hoher Bodenhaftung entstehenden höheren Verletzungsgefahr. In zwei europäischen Fußballstudien wurde der negative Einfluss von ungepflegten Plätzen auf die Verletzungsfrequenz belegt. Sullivan et al. (1980) und Ekstrand & Gillquist (1983) kamen zu dem Ergebnis, dass 25% aller Verletzungen durch die Bodenbeschaffenheit des Platzes erklärt werden konnten (vgl. Moore & Frank, 1997, S. 129).

Einen weiteren wichtigen extrinsischen Faktor begründeten Olsen et al. Sie untersuchten den Zusammenhang von Verletzungen des VKB mit einer Konzentrationsschwäche norwegischer Handballspieler während eines Spiels. Die

Spieler selbst wurden durch deren Trainer als unkonzentriert eingeschätzt und in der Mehrzahl der Fälle trat eine motorische Bewegungsstörung oder Verwirrung durch externe Einflussfaktoren auf, welche die Koordination oder Bewegung der Spieler änderte und so zu einer Verletzung des VKB führte. Alle Spieler besaßen zum Zeitpunkt der Verletzung den Ball, und hatten 0-3 Schritte mit dem Ball zurück gelegt, bis es zur Verletzung kam (vgl. Hewett, 2006, S. 300).

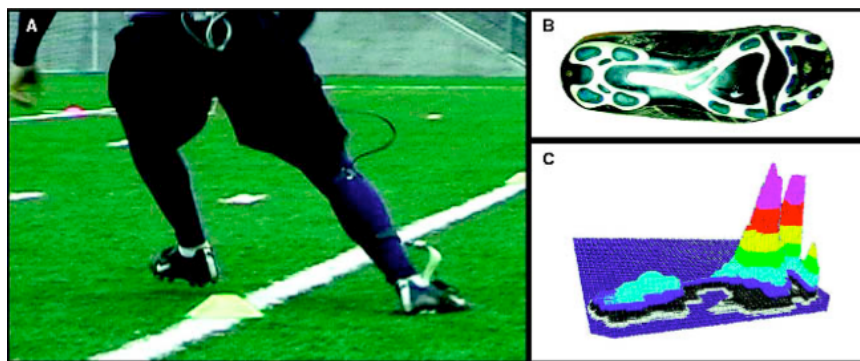
Der Einfluss von anatomischen, hormonellen oder anderen bereits beschriebenen Risikofaktoren für Verletzungen konnte bisher noch nicht vollständig geklärt werden, jedoch wird davon ausgegangen, dass hierbei sowohl intrinsische als auch extrinsische Faktoren eine Rolle spielen. Dadurch kann gezeigt werden, dass eine Verbesserung bestimmter Bewegungsmuster physiologischer Herkunft, beispielsweise beim Landen, zu Ansätzen der Prävention von Kreuzbandverletzungen führt (vgl. Wolf Petersen u. a., 2005, S. 150).

Im Folgenden werden daraus resultierende Verletzungsmechanismen erörtert.

2.4 Verletzungsmechanismen

Verschiedene Studien haben ergeben, dass 72 % - 95 % der Kreuzbandrupturen in so genannten Nicht-Kontakt-Situationen entstehen (vgl. Boden, Dean, Feagin, & Garrett, 2000, S. 573). Hierunter fallen vor allem im Ballsport Landungen nach einem Sprung und schnelle Richtungswechsel (vgl. Wolf Petersen u. a., 2005, S. 150 f.), da es hier zu einem schnellen Abstoppen und einer plötzlichen Drehbewegung kommen kann. Sportarten mit einer hohen Inzidenz sind dabei Ballsportarten wie Handball, Basketball und Fußball (vgl. Griffin u. a., 2000, S. 141).

Abb. 3: foot-shoe-ground interface



(Hewett, 2006, S. 301)

Das Kniegelenk befindet sich zur Zeit der Verletzung in den meisten Fällen in leichter Beugung, in Valgus- und Außenrotation, was durch Videoanalysen wie beispielsweise Abbildung 3: “foot-shoe-ground interface” (vgl. Hewett, 2006, S. 301) beobachtet werden konnte. Dabei wurde das im Nachhinein betroffene Bein mit 80 bis 100 % des Körpergewichts belastet wie Abbildung 3C verdeutlicht. Die Ursache liegt darin, dass in dieser Knieposition die Spannung im vorderen Kreuzband am höchsten ist. Außerdem besitzen die muskulären Agonisten des vorderen Kreuzbandes, die ischiokruralen Muskeln, einen ungünstigen Hebelarm, um das Tibiaplateau zu sichern. Durch eine plötzliche Anspannung der muskulären Agonisten kann bei diesen Kraftverhältnissen der Hebelarme eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes erfolgen. Eine weitere wichtige Rolle spielte außerdem die Haftung des Schuhs am Boden zum Zeitpunkt der Verletzung, wie bereits in 2.3.2 extrinsische Faktoren erklärt wurde (vgl. Wolf Petersen u. a., 2005, S. 152 f.).

Auch bei den Verletzungsmechanismen zeigen sich deutliche geschlechtliche Unterschiede. Die Landung nach Sprüngen ist bei Frauen mit einer aufrechteren Haltung und einem nur wenig gebeugten Kniegelenk verbunden, was dazu führt, dass das vordere Kreuzband nur schlecht durch die ischiokrurale Muskulatur geschützt werden kann (vgl. Wolf Petersen u. a., 2005, S. 150).

Der durchschnittliche Kniebeugewinkel der Frauen beträgt 17° , Männer erreichen durchschnittlich bis zu 31° . Der maximale Kniebeugewinkel wird von Frauen dadurch wesentlich schneller erreicht, als dies bei Männern der Fall ist und die Kräfte werden dadurch nach einem Sprung bei weiblichen Sportlern abrupter absorbiert. Daraus resultieren höhere vordere Scherkräfte, was einen höheren Stress auf das vordere Kreuzband zur Folge hat (vgl. Wolf Petersen u. a., 2005, S. 152 f.).

3 Analyse präventiver Maßnahmen

Risikofaktoren, wie beispielsweise das Geschlecht, hormonelle oder anatomische Gegebenheiten, die in 2.3 verdeutlicht wurden, können durch Maßnahmen nicht direkt beeinflusst werden. Jedoch lassen sich in anderen Bereichen durchaus präventive Ansätze erkennen und umsetzen. Insbesondere die Verbesserung motorischer Grundlagen durch eine konsequente Realisierung von Trainingsprogrammen in Bezug auf Kraft, Schnellkraft, Ausdauer, Koordination, muskulärem Gleichgewicht, Flexibilität und Propriozeption kann Auswirkungen auf die Prävention von Verletzungen zeigen. Eine Reduktion der Inzidenz sportbedingter Knieverletzungen durch Trainingsprogramme dieser Art wird durch die aktuelle Datenlage belegt (vgl. Moore & Frank, 1997, S. 128).

Die Unterscheidung und Einschränkung modifizierbarer und nicht-modifizierbarer Risikofaktoren und Verletzungsmechanismen spielt hierbei eine wesentliche Rolle (vgl. Jöllenbeck u. a., 2010, S. 17) und wurde bereits in 2.3 beschrieben. In den kommenden Abschnitten werden verschiedene Präventionsstrategien erläutert, welche in Bezug zu diesen Risikofaktoren stehen. Diese dienen primär dem Zweck zu untersuchen, inwieweit es sinnvoll ist, gezielt Maßnahmen zur Prävention einer Verletzung des vorderen Kreuzbandes durchzuführen. Aus diesem Grund werden sie im Anschluss evaluiert und ausgewertet.

3.1 Präventionsstrategien

Verletzungspräventionsprogramme wurden entwickelt, um das Risiko von Kniebandverletzungen im Allgemeinen und VKB-Verletzungen im Speziellen zu reduzieren. Diese basieren auf der Annahme, dass eine Änderung der dynamischen biomechanischen Risikofaktoren Verletzungen verhindern kann. Erfolgreiche Präventionsprogramme ändern somit die dynamische Belastung auf das Kniegelenk durch neuromuskuläres Training (vgl. Kathrin Steffen u. a., 2010, S. 230). Basierend auf dem angenommenen Verletzungsmechanismus wird empfohlen, dass Sportler Valguskraften auf das Knie vermeiden sollten und, um die Landekräfte zu absorbieren, mit Knieflexion landen sollten (vgl. Hewett, 2005, S. 490). Trainingsprogramme, die plyometrische Übungen einbauen, reduzieren Valgusstress auf das Knie und führen so zu Änderungen in neuromuskulären Kontrollmustern. In mehreren wissenschaftlichen Präventionsuntersuchungen in den Sportarten Fußball oder Handball konnten Programme, die ein oder mehrere

Komponenten zur Veränderung der dynamischen Kontrolle der unteren Extremitäten in den Übungen beinhalteten, eine bemerkenswerte Herabsetzung des Risikos einer VKB-Verletzung belegen. Gleichgewichtstraining allein und jegliches Heimtraining ohne Anweisung oder Rückmeldung über korrekte Bewegungstechniken, beispielsweise die korrekte Einhaltung der Achse der unteren Extremitäten oder eine richtige Ausführung beidbeiniger Landungen, ist vermutlich nicht so effektiv wie eine Kombination mit anderen Arten neuromuskulärer Übungsimpulse (vgl. Kathrin Steffen u. a., 2010, S. 230).

Das Wissen um die Entstehung von VKB-Verletzungen und welche unterschiedlichen Risikofaktoren daran beteiligt sind, ist Voraussetzung für das Verständnis der folgenden Präventionsstrategien. Diese fokussieren sich auf neuromuskuläre Trainingsmethoden, um veränderbare neuromuskuläre und biomechanische Risikofaktoren zu modifizieren. Zusammenfassend werden alle kommenden Präventionsprogramme dazu genutzt, Sporttechniken zu verändern und eine Konditionierungssteigerung durch neuromuskuläre Kontrolle, Kraft und plyometrisches sowie Gleichgewichtstraining zu bewirken (vgl. Alentorn-Geli u. a., 2009b, S. 860 f.).

Unter dem Begriff der Konditionierung wird hierbei verstanden, dass eine Reaktion auch dann eintritt, wenn an die Stelle des ursprünglich auslösenden Reizes ein Anderer tritt (vgl. www.duden.de, Zugriff v. 21.04.2106). Unter allen Komponenten der Präventionsprogramme stellte sich das plyometrische Training als einer der effektivsten Bausteine heraus, um VKB Rupturen ohne Fremdeinwirkung zu reduzieren (vgl. FIFA Medical Assessment and Research Centre (F-Marc), 2012, S. 8). Plyometrisches Training ist eine bewährte Methode, um sportliche Leistungsfähigkeit zu steigern und zusätzlich nützliche Anpassungen des sensomotorischen Systems zu begünstigen, welches dynamische Hemmmechanismen verbessert und falsche Sprung- und Abbremsstechniken korrigiert. Während dieses Trainings werden die unteren Extremitäten einer Vielzahl an hohen Belastungen und Geschwindigkeiten ausgesetzt. Diese plyometrischen Übungen sind optimal, um reflektierende Leitungen der Bewertung motorischer Ansteuerung zu fördern (vgl. Chimera, Swanik, Swanik, & Straub, 2004, S. 24). Plyometrie soll einen Muskel in möglichst kurzer Zeit zu einer maximalen Leistung bringen. Die konzentrische Muskelkontraktion erfolgt in vielen Bewegungen im Sport direkt auf eine exzentrische Muskelkontraktion. Plyometrisches Training soll zudem dafür sorgen, die Zeit zwischen der

nachgebenden, der exzentrischen Muskelkontraktion und der überwindenden, auch konzentrische Kontraktion genannt, zu verkürzen (vgl. FIFA Medical Assessment and Research Centre (F-Marc), 2012, S. 8).

Im Anschluss werden die ausgewählten Präventionsprogramme in zwei unterschiedliche Gruppen eingeteilt. Es wird zwischen Präventionsprogrammen, die zu einer Senkung der Risikofaktoren und dadurch zu einer Verringerung der VKB-Verletzungen führen und Programmen, welche durch Studien evaluierte Maßnahmen beinhalten, die gezielt den inneren Bewegungsapparat des Knies schützen, unterschieden. Die Durchführung des Präventionsprogrammes, sowie deren Ergebnisse werden ausführlich erläutert und im Anschluss daran in 3.2 zusammengefasst. Darauf folgt eine Einteilung in Ablehnung und Annahme präventiver Maßnahmen.

3.1.1 Gezielte Präventionsprogramme zur Senkung der Risikofaktoren für VKB Verletzungen ohne Fremdeinwirkung

Gezielte Präventionsprogramme werden verwendet, um bestimmte Bereiche oder Verletzungsmechanismen innerhalb des Knies direkt anzugehen und zu verringern.

Studie nach Chimera et al.

Hierbei untersuchten bereits Chimera et al. die Auswirkungen plyometrischen Trainings auf die Muskelaktivität und die Leistung der unteren Extremitäten während Sprungübungen. 20 gesunde Frauenfußball- und Hockeyspielerinnen wurden willkürlich in sowohl eine Versuchs- als auch eine Kontrollgruppe eingeteilt. Während des Versuchs trainierten alle Personen dreimal wöchentlich sportartspezifisch und zweimal wöchentlich mit Gewichten. Die Versuchsgruppe praktizierte zusätzlich zweimal die Woche für insgesamt sechs Wochen plyometrische Übungen. Da diese in vielen Fällen ein Bestandteil von kommenden Präventionsprogrammen sind, wird der anschließende Trainingsplan in der folgenden Abbildung von Chimera et al. veranschaulicht (vgl. Chimera u. a., 2004, S. 25 f.).

Abb. 4: Beispiel eines plyometrischen Trainingsprogramms

Week	Exercises*
1	Wall touches (3 × 30 s) Split squat jumps (2 × 40) Lateral cone jumps (2 × 30) Cone hops with 180° turn (4 cones × 10)
2	Wall touches (4 × 30 s) Split squat jumps (2 × 50) Lateral cone jumps (2 × 40) Cone hops with 180° turn (4 cones × 20)
3	Wall touches (5 × 30 s) Split squat jumps (2 × 60) Lateral cone jumps (2 × 50) Cone hops with 180° turn (4 cones × 30)
4	Wall touches (5 × 30 s) Split squat jumps (2 × 60) Lateral cone jumps (2 × 50) Cone hops with 180° turn (4 cones × 30) Drop jumps: 45.72 cm (20)
5	Wall touches (5 × 30 s) Split squat jumps (2 × 60) Lateral cone jumps (2 × 50) Cone hops with 180° turn (4 cones × 30) Drop jump: 45.72 cm (30)
6	Wall touches (6 × 30 s) Split squat jumps (2 × 70) Lateral cone jumps (2 × 60) Cone hops with 180° turn (4 cones × 40) Drop jump 45.72 cm (40)

*30 s between sets and 2 min between exercises.

(Chimera u. a., 2004, S. 26)

Alle Teilnehmerinnen wurden vor und nach dem sechswöchigen Trainingsprogramm auf unterschiedliche Faktoren getestet. Testungen zur Elektromyografie, vertikalen Sprunghöhe und Sprintschnelligkeit blieben sowohl bei "pretest" als auch bei "posttest" identisch (vgl. Chimera u. a., 2004, S. 26 f.).

Elektromyografie, worunter man Messungen der elektrischen Muskelaktivität versteht, wurden durchgeführt, um zu beurteilen, inwieweit die vorbereitende und rückwirkende Aktivität verschiedener Muskeln arbeitet. Zu den hierbei untersuchten Muskeln gehörten der M. vastus medialis, der M. vastus lateralis, die medialen sowie lateralen Hamstrings und die Abduktoren und Adduktoren der Hüfte. Vertikale Sprungtests wurden anhand von VERTEC beurteilt und Sprintschnelligkeit über Infrarotstartuhren gesteuert. Jeweils der Beste von drei Versuchen wurde sowohl beim Pretest als auch beim Posttest vermerkt (vgl. Chimera u. a., 2004, S. 26).

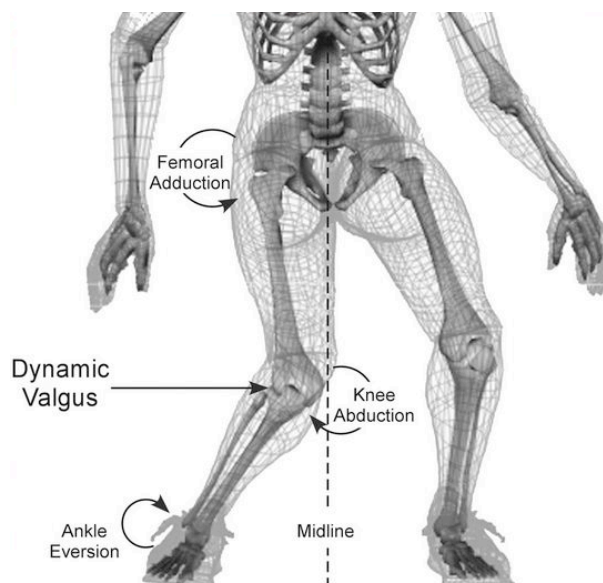
Ein erheblicher Anstieg in der Aktivität der Adduktorenmuskulatur (increase in firing of adductor muscles) während der Vorbereitungszeit konnte bei der Versuchsgruppe festgestellt werden. Die Ergebnisse der Studie belegen demnach,

dass plyometrisches Training frühe Adduktoren Voraktivierung in einem größeren Ausmaß fördert, als es in der Kontrollgruppe der Fall war. Außerdem konnte ein erheblicher Anstieg in Adduktoren- und Abduktorenkoaktivierung festgestellt werden, was in Zusammenhang miteinander die Abbremsung des Kniegelenks in eine biomechanische neutrale Position in Frontalebene fördert. Die wesentlichen Veränderungen, die in der Muskelaktivität nach plyometrischem Training festgestellt werden konnten deuten an, dass Strategien zur motorischen Kontrolle die dynamische Gelenkstabilität verändert und begünstigt. Diese neuromuskulären Anpassungen bestätigen vorangegangene kinematische und kinetische Daten. Die Beobachtungen unterstützen ebenfalls den Nutzen von plyometrischem Training zur Verbesserung der Kniegelenksstabilität, auch wenn die funktionelle Leistung nicht signifikant verbessert wurde (vgl. Chimera u. a., 2004, S. 27).

Studie nach Myer et al.

In 2.4 Verletzungsmechanismen wurde bereits auf die geschlechtsspezifische Landetechnik eingegangen. Auf diese spezialisierten sich auch Myer et al., in deren Studie "Differential neuromuscular training effects on ACL injury risk factors in "high-risk" versus "low-risk" athletes", die die Auswirkungen zwischen hohen Risikogruppen und niedrigen Risikogruppen von Fußball- und Basketballspielerinnen bezüglich der Kniepositionierung während der Landung nach einem Sprung verglichen. Das dreimal wöchentlich ausgelegte neuromuskuläre Trainingsprogramm mit einer Dauer von insgesamt sieben Wochen untersuchte die Auswirkungen der Knie-Abduktion während der Landung nach einem Sprung, als ein Anzeichen für VKB Verletzungen ohne Fremdeinwirkung. 16 Teilnehmer wurden in die höhere Risikogruppe (durchschnittlicher Knieabduktionsmoment $> 25,25$ Nm) eingeteilt, vier davon als Kontrollteilnehmer eingestuft und 13 in die niedrigere Risikogruppe (durchschnittlicher Knieabduktionsmoment $< 25,25$ Nm) mit sieben Kontrollteilnehmern zugewiesen.

Abb. 5: Darstellung des Knieabduktionsmoments (Knee abduction)



(www.anatomy-physiotherapy.com, Zugriff v. 15.05.16)

Um erfolgreich an der Studie teilzunehmen, wurde eine Anwesenheit von mindestens zwei Drittel der Trainingseinheiten, 12 von 18 Trainings, festgelegt (vgl. Myer, Ford, Brent, & Hewett, 2007, S. 2).

Kniekinematik und Kinetik wurden während eines “drop vertical jump” (DVJ) Tests vor und nach dem Präventionsprogramm gemessen. Die Übung des DVJ sollte von den Athleten ausgeführt werden, indem diese von einer Box nach unten springen und bei Bodenkontakt sofort einen vertikalen Sprung (nach oben) vornehmen sollten. Um ähnliche Landemechanismen bei den Sportarten Fußball und Basketball zu untersuchen wurde der DVJ ausgewählt (vgl. Myer u. a., 2007, S. 3).

Die Athleten der höheren Risikogruppe verminderten deren Knieabduktionsmomente um 13% in den folgenden Trainingseinheiten. Weder die Athleten der niedrigeren Risikogruppe noch die Kontrollteilnehmer beider Gruppen zeigten Änderungen in deren Abduktionsmomenten im Anschluss an das Training. Diese Ergebnisse beschrieben, dass Athleten der höheren Risikogruppe das Ausmaß der vorher identifizierten Risikofaktoren einer VKB-Verletzung ohne Fremdeinwirkung nach dem absolvierten neuromuskulären Training senken konnten. Unglücklicherweise konnten die Durchschnittswerte der höheren Risikogruppe nicht von der niedrigen Risikogruppe nach dem absolvierten Training erreicht werden (vgl. Myer u. a., 2007, S. 3 f.).

Studie nach Chappell und Limpisvasti

Chappell und Limpisvasti leiteten eine Studie, welche die Auswirkungen neuromuskulären Trainings auf die Biomechanik ausgesuchter Sprungübungen bei Frauen untersuchte. Basierend auf der Annahme, wonach das sechswöchige Trainingsprogramm dynamischen Valgusstress auf das Knie reduziert, den Kniebeugewinkel steigert und die Hüftbeugung während der Haltungsphase des Sprunges von einem Gegenstand, dem so genannten “drop jump” und eines “stop jump tasks” verbessert, nahmen 30 Fußball- und Basketballspielerinnen zwischen 18 und 20 Jahren ohne jegliche Vorgeschichte bezüglich Knieverletzungen an dieser Studie teil (vgl. Chappell & Limpisvasti, 2008, S. 1082).

Alle Teilnehmer sollten nach einem selbst ausgesuchten Aufwärmprogramm einen “drop jump” und einen “vertical stop jump” ausführen. Diese Sprünge wurden ausgesucht, da vorherige Studien belegen konnten, dass gerade diese Manöver mit einem hohen Risiko einer Verletzung verbunden sind. Um einen Einfluß durch die Trainer vermeiden zu können und so zu einem natürlichen Bewegungsablauf beizutragen, wurden keinerlei Richtlinien für die Ausführung der Sprungtechnik vorgegeben. 18 reflektierende Markierungen wurden an verschiedenen Plätzen auf der Körperoberfläche angebracht. Die Ausführungen wurden mit Hilfe einer Kraftscheibe und Infrarotkameras aufgezeichnet. Nach den Sprungübungen wurden jegliche Markierungen von den Testpersonen entfernt. Jeder Teilnehmer führte daraufhin zwei “vertical jumps” mit maximal zu erreichender Höhe durch. Im Anschluss daran führten die Testpersonen je drei Durchgänge einbeiniger Sprünge für jedes Bein durch. Die Zeit, die für jeden Durchgang mit einer Länge von 20 Fuß gemessen wurde, wurde sowohl vor als auch nach dem Training aufgezeichnet und verglichen (vgl. Chappell & Limpisvasti, 2008, S. 1082).

Das Verletzungspräventionsprogramm kombinierte Rumpfkraftigungsübungen, dynamische Gelenkstabilitäts- und Gleichgewichtsübungen, Sprungtraining und plyometrische Übungen. Es bestand aus zehn verschiedenen Trainingsübungen und sollte täglich für eine Dauer von zehn bis fünfzehn Minuten vor den jeweiligen praktischen Tätigkeiten (Fußball bzw. Basketball) ausgeübt werden (vgl. Chappell & Limpisvasti, 2008, S. 1082). Abgewandelt von dem “European F-MARC 11 program” oder auch “the 11” genannt, welches speziell auf Fußballer ausgelegt wurde, ist das Programm von Chappell und Limpisvasti für alle Athleten jeglicher Sportarten anwendbar (vgl. Chappell & Limpisvasti, 2008, S. 1084).

Die nachfolgende Grafik veranschaulicht das neuromuskuläre Trainingsprogramm von Chappell und Limpisvasti.

Abb. 6: Neuromuskuläres Trainingsprogramm

Exercise	Amount
Abdominal crunches	20 repetitions
Cross crunches	20 repetitions
The plank	Hold for 60 seconds
Lunges	20 total
Single-leg chest pass	20 passes each side
Single-leg, forward-bend pass	20 passes each side
Single-leg figure of 8	20 repetitions each leg
Line jumps	20 repetitions
Lateral shuffle	20 slides to each side
Bounding	20 jumps

(Chappell & Limpisvasti, 2008, S. 1083)

Nach Durchführung dieser Übungen sechsmal wöchentlich über einen Zeitraum von sechs Wochen wurde der Posttest impliziert. Dreidimensionale Bewegungsanalysen und Kraftscheiden Werte wurden genutzt, um erneut Kinetik und Kinematik der Sprungübungen zu testen und diese mit den Werten des Pretests zu vergleichen. Eine Reduktion von dynamischem Valgusstress auf das Knie während der Haltungsphase eines “stop jump tasks” nach Vollendung des neuromuskulären Trainings kann als Ergebnis der Studie von Chappell und Limpisvasti gewertet werden. Für den “drop jump” konnten jedoch keine Unterschiede zwischen Pre- und Posttest verzeichnet werden. Ursprüngliche maximale Kniebeugewinkel erhöhten sich während der Haltungsphase der “drop jumps” nach dem Training, allerdings konnten keine Änderungen diesbezüglich auf den “stop jump” festgestellt werden. Die Athleten verzeichneten Verbesserungen in Bezug auf den senkrechten Sprung “vertical jump” und den einbeinigen Sprung mit dem rechten und linken Bein. Außerdem führte das sechswöchige neuromuskuläre Trainingsprogramm dazu, dass sich die Durchführungen der Übungen der Athleten verbesserten und Veränderungen in den Bewegungsmustern der Zielpersonen während Sprungübungen stattfanden. Infolgedessen konnte der Nutzen des neuromuskulären Trainingsprogramms die Bewegungsstrategien abändern, die Leistung verbessern und das Verletzungsrisiko der Athleten senken (vgl. Chappell & Limpisvasti, 2008, S. 1085).

Studie nach Zebis et al.

Zebis et al. untersuchten die Auswirkungen eines neuromuskulären Trainingsprogramms auf die motorische Kontrolle des Kniegelenks während eines seitlichen Abbremsmanövers bei Fußball- und Handballspielerinnen in deren Studie "The effects of a neuromuscular training program on knee joint motor control during sidcutting in female elite soccer and handball players". Neuromuskuläre Aktivität des Kniegelenks wurde während eines seitlichen Abbremsmanövers vor und nach der sechsmonatigen Periode des regulären Trainings, ohne integriertes plyometrisches Training, gemessen. Zwölf Fußballspielerinnen und acht Handballspielerinnen nahmen an dieser Studie teil. Nach der Kontrollsaison wurden zwölf Monate plyometrischen neuromuskulären Trainings implementiert und sowohl die Auswirkungen der neuromuskulären Aktivität am Kniegelenk, am Gelenkwinkel der Hüfte und des Knies sowie übertragene Untergrundkräfte während des seitlichen Abbremsmanövers dokumentiert. Neuromuskuläre Aktivität wurde in der Vorlandephase jeweils zehn und 50 ms vor und nachdem die Fußsohle die Kraftscheibe berührte, erfasst. Das neuromuskuläre Trainingsprogramm enthielt sechs fortschreitende Stufen, jede beinhaltete drei Übungen. Jede der sechs Stufen sollte zweimal in der Woche für eine Dauer von drei Wochen durchgeführt werden, bevor die nächste Stufe erreicht werden konnte. Nach Abschluss des 18 wöchigen Präventionsprogramms wurde das sechste Level erneut mit steigender Schwierigkeit der Übungen ausgeführt. Das Hauptaugenmerk jeder Übung war es, die Wahrnehmung und neuromuskuläre Kontrolle der Muskulatur der unteren Extremitäten der Athleten während einer sportspezifischen Übung mit ähnlicher Ballbehandlung zu verbessern (vgl. Zebis u. a., 2008, S. 330).

Das neuromuskuläre Training erhöhte deutlich die Aktivität des M. semitendinosus vor und während der Landung, wobei die Quadrizeps-Elektromyografie-Aktivität unverändert blieb. Die Tester gingen davon aus, dass die neuromuskuläre Anpassung der erhöhten ischiokruralen Muskelaktivität nach der Saison mit neuromuskulären Trainingseinheiten eine Reduzierung der dynamischen Kraft von außen bei den Zielpersonen ermöglichten. Außerdem führt eine höhere Aktivität der ischiokruralen Muskulatur zu einer besseren Gegenwirkung einer von vorne einwirkenden Kraft, welche das Risiko einer VKB Ruptur senkt (vgl. Zebis u. a., 2008, S. 329).

Zusammenfassung der Studien zur Senkung der Risikofaktoren

Die Präventionsprogramme von Chimera et al., Myer et al., Chappell und Limpisvasti sowie Zebis et al. beschäftigten sich alle mit den Auswirkungen neuromuskulären Trainings auf die beteiligte Muskulatur. Diese Untersuchungen wurden gezielt ausgewählt, da sich die betreffende Muskulatur direkt auf die Verletzungswahrscheinlichkeit des VKB bezieht, wie in den vorangegangenen Kapiteln bereits beschrieben wurde. Eine detaillierte Zusammenfassung der Ergebnisse dieser Studie und eine anschließende kritische Beurteilung findet in Punkt 3.2 und 4 gegen Ende dieser Arbeit Anwendung. In den folgenden Kapiteln werden weitere Präventionsprogramme erläutert, die sich nun im Speziellen mit der Senkung von VKB-Verletzungen ohne Fremdeinwirkung befassen.

3.1.2 Gezielte Präventionsprogramme zur Senkung von VKB Verletzungen ohne Fremdeinwirkung

In diesem Kapitel werden verschiedene Präventionsprogramme vorgestellt, die zur Senkung von VKB-Verletzungen beitragen oder deren Maßnahmen nicht ausgereicht haben um dies zu erreichen. Im Anschluss daran werden die Ergebnisse der Studien präsentiert und untersucht. Eine Auswertung dieser Studien soll Aufschluss darüber geben, inwiefern gezielte Präventionsprogramme für VKB- Verletzungen im Hinblick auf Zeit- und Kostenfaktoren realisierbar sind.

Der Versuch, ein effektives Programm zu erstellen, um VKB-Verletzungen ohne Fremdeinwirkung zu vermeiden, welches sowohl im Breiten- als auch im Spitzensport integriert werden konnte und dies ohne erhebliche Investitionen bezüglich Ausrüstung oder Zeit, verlangte das Einberufen eines Fachgremiums durch die "Santa Monica Orthopedic and Sports Medicine Research Foundation" im Jahr 1999. Diese Gruppe konzipierte das PEP Programm: "Prevent Injury and Enhance Performance Program". Es enthielt Aufwärm-, Dehnungs-, Kraft-, plyometrische- und sportartspezifische Beweglichkeitsübungen, um potenzielle Defizite bezüglich Kraft und neuromuskulärer Koordination der stabilisierenden Muskeln um das Kniegelenk anzusprechen. Der Schwerpunkt dieses Programms basierte auf der Voraussetzung optimaler biomechanischer Technik. Außerdem wurde es als alternatives Aufwärmprogramm konzipiert, um vor der Trainingseinheit durchgeführt zu werden und die gesundheitsschädlichen

Auswirkungen sportlicher Ermüdung während der Durchführung eines üblichen Aufwärmprogramms zu verhindern. Das "PEP Programm" kann ohne zusätzlich spezialisierte Ausrüstung direkt auf dem Spielfeld vor dem Training durchgeführt werden. Ein Fußballteam absolviert die 19 Bestandteile dieses Programms in weniger als 30 Minuten. Faktoren bezüglich der einfachen und kostengünstigen Realisierung wurden während der Entwicklung des Programms umsichtig durchdacht, um Konformität und Anwendung innerhalb der Allgemeinheit zu verbessern (vgl. Gilchrist u. a., 2008, S. 1477).

Studie nach Mandelbaum et al.

Das Trainingsprogramm von Mandelbaum et al. zur Prävention von Verletzungen und zur Verbesserung der Leistung von Fußballspielerinnen zwischen 14 und 18 Jahren enthielt die im "PEP Program" beschriebenen Übungen. Der Zweck dieser Studie war herauszufinden, ob ein neuromuskuläres und propriozeptives Trainingsprogramm effektiv das Vorkommen von VKB-Verletzungen bei weiblichen Leistungsfußballerinnen in der Südkalifornischen Fußballliga verringert (vgl. Mandelbaum, 2005, S. 1004).

Die Population umfasste eine Gesamtanzahl von 5703 Teilnehmern, welche in eine Testgruppe mit 1885 und in eine Kontrollgruppe mit 3818 Athleten unterteilt wurden. Diese zweijährige Studie mit nicht zufällig ausgewählter Testgruppe beinhaltete Beobachtung von Dehnungsübungen, Krafttraining, plyometrischem Training und sportartspezifischem Beweglichkeitstraining und diente zur Erstellung eines speziellen Trainings als Ersatz des regulären Aufwärmtrainings. Die Sportler der Interventionsgruppe absolvierten ein sportspezifisches Training vor der eigentlichen sportlichen Aktivität über 2 Jahre hinweg. Während die Kontrollgruppe lediglich ihr traditionelles Aufwärmen vor dem Training durchführte, welches von deren individuellen Trainern ausgesucht wurde (vgl. Mandelbaum, 2005, S. 1004). Das Trainingsprogramm der Testgruppe wurde via Videoband visuell veranschaulicht und bestand aus drei herkömmlichen Aufwärmübungen, fünf Dehnungen für den Rumpf und die unteren Extremitäten, drei Kraftübungen, fünf plyometrischen Übungen und drei fußballspezifischen Beweglichkeitseinheiten. Die Wiederholungszahlen und richtige Übungsausführung wurde detailliert in dem Videoband erläutert und anschließend von den Trainern der jeweiligen Mannschaft, die sich in der Testgruppe befand, umgesetzt (vgl. Mandelbaum,

2005, S. 1004). Die anschließende Grafik von Mandelbaum et al. verdeutlicht das eingebaute "PEP Program".

Abb. 7: „PEP Program“

Exercise	Distance	Repetitions/ Time
1. Warm-up		
Jog line to line	50 yd	1
Shuttle run	50 yd	1
Backward running	50 yd	1
2. Stretching		
Calf stretch	NA	2 × 30 s
Quadriceps stretch	NA	2 × 30 s
Hamstring stretch	NA	2 × 30 s
Inner thigh stretch	NA	2 × 30 s
Hip flexor stretch	NA	2 × 30 s
3. Strengthening		
Walking lunges	20 yd	2 passes
Russian hamstring	NA	30 s
Single-toe raises	NA	30, bilaterally
4. Plyometrics		
Lateral hops	2- to 6-in cone	30 s
Forward hops	2- to 6-in cone	30 s
Single-legged hops	2- to 6-in cone	30 s
Vertical jumps	NA	30 s
Scissors jumps	NA	30 s
5. Agilities		
Shuttle run	40 yd	1
Diagonal run	40 yd	1
Bounding run	45-50 yd	1

^aNA, not applicable.

(Mandelbaum, 2005, S. 1005)

Das Programm zielte darauf ab, die extern einwirkenden Kräfte vorherzusagen, so zu einer Stabilisierung des Gelenks beizutragen und dabei die inneren Strukturen zu schützen. Schwerpunkte wie Propriozeptionsübungen auf dem Spielfeld, eine schonendere Landetechnik, Erhöhung der Knie- und Hüftflexion während der Landung und bei Bewegungen in lateraler Richtung, Verhinderung von einem erhöhten Q-Winkel (X-Beinstellung) während der Landung und Kniebeugung, Verbesserung der Rumpf-, Ischiokrural-, Gluteus-medius-, und Hüftabduktorenstärke und die passende Ansprache von Bremstechniken wurden in dieser Studie berücksichtigt (vgl. Alentorn-Geli u. a., 2009b, S. 872).

Das Ergebnis der Studie von Mandelbaum et al. stellte eine 74% - 88%ige Verringerung der Rate an VKB Verletzungen der Testgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe während den ersten zwei Saisons dar (vgl. Mandelbaum, 2005, S. 1003).

Studie nach Gilchrist et al.

Neben Mandelbaum et al. integrierten auch Gilchrist et al das “PEP Program” in ihre Studie “A randomized controlled trial to prevent noncontact anterior cruciate injury in female collegiate soccer players”. Hierbei handelte es sich jedoch um eine stichprobenartig ausgewählte einjährige Intervention, um VKB-Verletzungen ohne Fremdeinwirkung zu verhindern (vgl. Gilchrist u. a., 2008, S. 1477 f.). Insgesamt schlossen 61 Teams mit 1435 Fußballspielerinnen die Studie erfolgreich ab. Diese wurden in eine Kontrollgruppe a 852 Sportler (35 Teams) und eine Interventionsgruppe a 583 Sportler (26 Teams) eingeteilt (vgl. Gilchrist u. a., 2008, S. 1479). Sie nutzten die Zeit der Hauptsaison von 12 Wochen, um das Präventionsprogramm zu implementieren. Die grundlegenden Komponenten des Präventionsprogramms unterschieden sich so kaum von denen, die Mandelbaum et al. realisierten (vgl. Gilchrist u. a., 2008, S. 1478). Es wurden ebenfalls die in Abbildung 6 veranschaulichten Elemente in das Aufwärmprogramm eingebaut. Ein Vergleich der Athleten der Interventions- und Kontrollgruppe bezüglich der Anzahl an vorherigen Knie- oder Kreuzbandverletzungen und Belastungen der Athleten wird in Abbildung 8 von Gilchrist et al. visualisiert.

Abb. 8: Merkmalsunterschiede zwischen Interventions- und Kontrollgruppe

	Intervention Teams	Control Teams	P Value
Team/athlete characteristics			
Number of teams	26	35	—
Number of athletes	583	852	—
Average years in college ^b	2.25	2.28	.663
Average age, y ^b	19.88	19.88	.980
Average height, m ^b	1.66	1.67	.172
Average weight, kg ^b	61.90	62.1	.680
Average BMI ^b	22.36	22.28	.491
History of injuries ^b before study			
Number of athletes with history of knee injury (%)	173 (31.0)	255 (31.1)	.982
Number of athletes with history of ACL rupture (%)	76 (13.6)	100 (12.2)	.432
Exposures during study			
Total AE ^c	35 220	52 919	—
AE in games	8 168	11 843	—
AE in practices	18 370	30 105	—
Average intervention program uses per intervention team (range)	25.8 (12-37)	N/A	—

^aBMI, body mass index; ACL, anterior cruciate ligament; AE, athlete exposure.

^bPersonal characteristics and injury history were obtained from a preparticipation survey returned by 571 intervention athletes and 834 control athletes.

^cTotal AE includes “other” activities (ie, fitness and conditioning activities performed outside of practice and games). Thus, AE in practices and AE in games will not sum to total AE.

(Gilchrist u. a., 2008, S. 1497)

Es konnten keine wesentlichen Unterschiede zwischen Alter, Körpergröße, Gewicht oder vorherigen Knieverletzungen ausgemacht werden. Die Athleten der

Interventions- und Kontrollgruppen nahmen an der gleichen Anzahl an Spielen und wöchentlichen Trainingseinheiten teil. Die verschiedenen Interventionsteams nutzten das "PEP Program" durchschnittlich 25,8 mal während der Saison in dem Bereich von 12 bis 37 Anwendungen. Der bedeutenste Unterschied der Verletzungsraten konnte während eines Vergleichs der beiden Gruppen in Bezug auf VKB-Verletzungen, im Speziellen ohne Fremdeinwirkung, festgestellt werden. Dies wird in der folgenden Abbildung von Gilchrist et al. deutlich.

Abb. 9: Vergleich ausgewählter Verletzungen und Verletzungsraten

	Intervention		Control		z	P Value
	n	Rate per 1000 AE	n	Rate per 1000 AE		
Total (practice + game + other ^b)						
All knee injuries	40	1.136	58	1.096	0.17	.863
ACL	7	0.199	18	0.340	-1.29	.198
Noncontact ACL	2	0.057	10	0.189	-1.84	.066
Practice						
All knee injuries	8	0.301	19	0.469	-1.11	.265
ACL	0	0.000	6	0.148	-2.45	.014
Noncontact ACL	0	0.000	3	0.074	-1.73	.083
Game						
All knee injuries	29	3.372	37	2.982	0.49	.624
ACL	7	0.814	12	0.967	-0.37	.712
Noncontact ACL	2	0.233	7	0.564	-1.23	.218
History of past ACL injury						
All knee injuries	7	0.199	16	0.302	-0.97	.331
ACL	1	0.028	7	0.132	-1.81	.071
Noncontact ACL	0	0.000	4	0.076	-2.00	.046
No history of ACL injury						
All knee injuries	33	0.937	41	0.775	0.80	.425
ACL	6	0.170	10	0.189	-0.20	.839
Noncontact ACL	2	0.057	6	0.113	-0.92	.356
Early in season (weeks 0-5)						
All knee injuries	27	1.190	38	1.165	0.08	.933
ACL	7	0.309	13	0.399	-0.56	.575
Noncontact ACL	2	0.088	7	0.215	-1.24	.216
Late in season (weeks 6-11)						
All knee injuries	13	1.037	20	0.996	0.11	.911
ACL	0	0.000	5	0.249	-2.24	.025
Noncontact ACL	0	0.000	3	0.149	-1.73	.083

^aAE, athlete exposure; ACL, anterior cruciate ligament.

^b"Other" includes fitness and conditioning activities performed outside of practices and games.

(Gilchrist u. a., 2008, S. 1480)

In der Interventionsgruppe traten sieben VKB-Verletzungen verglichen mit achtzehn in der Kontrollgruppe auf. Dies entspricht 0,199 pro 1000 AE (athlete exposure = Belastungen der Athleten) in der Interventionsgruppe im Vergleich zu 0,340 pro 1000 AE in der Kontrollgruppe. Eine 41% niedrigere VKB-Verletzungsrate wurde so in der Interventionsgruppe ausgemacht. Ebenso verzeichnete die Interventionsgruppe zwei VKB- Verletzungen ohne Fremdeinwirkung im Gegensatz zu zehn aufgetretenen in der Kontrollgruppe, was einem 70%igen Zuwachs entspricht. Während des Trainings traten in der

Interventionsgruppe keine VKB-Verletzungen auf, wohingegen in der Kontrollgruppe sechs VKB-Verletzungen ausgemacht werden konnten. Im Vergleich dazu, stellte sich während den Spielen heraus, dass kein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Gruppen deutlich wurde. Außer in Betracht auf die Verletzungsrate ohne Fremdeinwirkung, welche in der Interventionsgruppe weniger als die Hälfte der Kontrollgruppe ausmachte. In Bezug auf die Athleten mit einer vorherigen Verletzung des VKB unterschieden sich die beiden Gruppen enorm. Die Verletzungsrate war bei der Kontrollgruppe fünfmal so hoch im Vergleich zu der Interventionsgruppe, die während des Präventionsprogramms keine VKB-Verletzung ohne Fremdeinwirkung, in Bezug auf die Athleten mit vorheriger VKB-Verletzung, verzeichnete. Abbildung 9 unterscheidet außerdem die Entwicklung in den ersten sechs Wochen der Saison verglichen mit den letzten sechs Wochen. In den ersten sechs Wochen der Saison, während die Summe aller VKB-Verletzungen zwischen den beiden Gruppen gleich war, betrug die VKB-Verletzungsrate ohne Fremdeinwirkung in der Interventionsgruppe weniger als die Hälfte der Kontrollgruppe. Der Unterschied in der Summe aller VKB Verletzungen war in den letzten sechs Wochen der Saison signifikant, da die Interventionsgruppe keine VKB Verletzungen mehr erlitt (vgl. Gilchrist u. a., 2008, S. 1480).

Mandelbaum et al. und Gilchrist et al. integrierten das "PEP Program" erfolgreich in deren Studien. Das "PEP Program" wurde speziell zur Prävention von VKB-Verletzungen ohne Fremdeinwirkung entwickelt und kann außerdem zu einer Reduktion von VKB-Verletzungen mit Fremdeinwirkung, durch Kraft- und Beweglichkeitszuwachs führen. Das erklärt zum Teil den Rückgang in der Summe der VKB-Verletzungsraten. Die Ergebnisse, welche im vorherigen Abschnitt erläutert wurden deuten an, dass das "PEP Program" mit neuromuskulären und propriozeptiven Trainingseinheiten wirksam ist, um VKB-Verletzungen zu verhindern, da es während der regulären Trainingszeit und ohne spezifische Ausrüstung oder Training ausgeübt werden kann, wie schon bei Mandelbaum et al. beobachtet werden konnte. Das Programm scheint durchführbar und sicher umsetzbar zu sein (vgl. Gilchrist u. a., 2008, S. 1481 f.).

Wenn ein solches neuromuskuläres Interventionsprogramm, wie das "PEP Program" durchgesetzt werden soll, müssen jedoch mehrfache Wiederholungen der Übungen über mehrere Wochen durch den Athleten durchgeführt werden, um umgehende Verbesserungen bezüglich Kraft, Gleichgewicht und Propriozeption zu

bewirken. Das kann die Unterschiede zwischen den VKB-Verletzungsraten erklären, die in der späteren Saison verzeichnet wurden, ausgehend von einem ansteigenden Nutzen des Trainings. Es wird davon ausgegangen, dass jegliche muskuloskelettalen Anpassungen, die als Ergebnis der Durchführung des "PEP Program" vorkommen, erst zum Ende der Saison in größerem Maße auftreten. Außerdem berichteten die Trainer der teilnehmenden Teams, dass die Athleten üblicherweise sechs bis zwölf Wiederholungen des Programms durchführten, bevor es für sie keine körperliche Herausforderung mehr darstellte. Dies war zudem abhängig von deren Trainingszustand (vgl. Gilchrist u. a., 2008, S. 1481 f.).

Studie nach Pfeiffer et al.

Den vorherigen Studien widersprechend konnten Pfeiffer et al. keine Reduktion von VKB-Verletzungen ohne Fremdeinwirkung nach Anwendung eines Präventionsprogramms bezüglich einer Verbesserung der Kniegelenksstabilität als Ergebnis ihrer Studie "Lack of effect of a knee ligament injury prevention program on the incidence of noncontact anterior cruciate ligament injury" feststellen. Dieses wurde auf Fußball-, Basketball- und Volleyballspielerinnen ausgelegt und enthielt verschiedene Kraft- und plyometrische Übungen. Die nicht stichprobenartig ausgewählte Studie verlief über einen Zeitraum von zwei Jahren und wurde im Rahmen eines zwanzig minütigen Kraft- und plyometrischen Trainings zweimal die Woche neun Wochen lang durchgeführt. Es nahmen 1439 Athleten, eingeteilt in 862 Kontrollgruppenteilnehmer und 577 Interventionsteilnehmer, an dieser Studie teil. Der Schwerpunkt der Studie lag auf Abbremsmanövern, Richtungsänderungen, plyometrischem Training durch Sprung und Landung (ein- oder zweibeinig nach vorn oder hinten) und dem Erlernen einer korrekter Körperposition in Bezug auf die Ausrichtung von Hüfte, Knie und Sprunggelenk (vgl. Pfeiffer, 2006, S. 1770). Die Übungen des "Knee Ligament Injury Prevention Program (KLIP)" werden in der anschließenden Grafik (Abb. 10) von Pfeiffer et al. veranschaulicht.

Abb. 10: Phasen und Übungen des „KLIP“

Phase 1 (Wk 1 and 2)	Phase 2 (Wk 3 and 4)	Phase 3 (Wk 5 and 6)	Phase 4 (Wk 7 to End of Season)
Straight jumps	Straight jumps	Tuck jumps	Straight jumps
Tuck jumps	Tuck jumps	Single-leg lateral leaps	Single-leg forward hops × 3
Standing broad jump	180's	Single-leg forward hops	Combination jumps
Bound in place	Double-leg jumps	Combination jumps	180's
	Single-leg lateral leaps	180's	Standing broad jumps
	45° lateral leaps	45° lateral leaps	Single-leg 45° lateral hops

(Pfeiffer, 2006, S. 1770)

Flexibilität, Beweglichkeit und propriozeptive Übungen wurden nicht in das Trainingsprogramm integriert. Ziel des Präventionsprogrammes sollte es sein, den Höhepunkt der senkrechten Stoßkraft sowie die Rate der Kraftentwicklung in einer Gruppe von Hochschulsportlerinnen zu senken. Das Ergebnis der Studie ergab unter zehn VKB-Verletzungen über die Periode von zwei Jahren hinweg sechs VKB-Verletzungen ohne Fremdeinwirkung. Drei davon konnten der Kontrollgruppe zugeteilt werden und drei der Interventionsgruppe. Trotz des großen Stichprobenumfanges konnte kein Unterschied zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe verzeichnet werden (vgl. Pfeiffer, 2006, S. 1771).

Studie nach Söderman et al.

Auch Söderman et al. beschäftigten sich mit den Folgen speziellen Trainings auf das VKB. Diese stellten in deren Intervention "Balance board training: prevention of traumatic injuries of the lower extremities in female soccer players? A prospective randomized intervention study" eine stichprobenartig ausgewählte Gruppe von 221 Semiprofessionellen und Anfängerinnen im Frauenfußball zusammen (vgl. Söderman, Werner, Pietilä, Engström, & Alfredson, 2000, S. 356). Die Teilnehmer wurden in eine Interventions- und eine Kontrollgruppe eingeteilt und während der Hauptsaison alle Verletzungen der Spieler bezüglich deren Anzahl, Art und Vorkommen schriftlich festgehalten. Die Trainings der beiden Gruppen unterschieden sich in der Hinsicht, dass die Interventionsgruppe zusätzlich zu normalen Trainingsabläufen einem 10-15 minütigem Programm, bestehend aus einem Gleichgewichtstraining auf einem Gleichgewichtsbrett, zugeteilt wurde. Dieses enthielt fünf Übungen mit zunehmend steigender Schwierigkeitsstufe. Die Spieler standen auf einem Bein und mit deren Knie in einer leicht gebeugten Stellung. Die Übungen wurden für drei Sätze à 15 Wiederholungen auf jedem Bein täglich für 30 Tage und anschließend dreimal

wöchentlich bis zum Ende der Saison zu Hause durchgeführt. Das reguläre Training wurde von beiden Testgruppen zusätzlich unverändert absolviert (vgl. Söderman u. a., 2000, S. 358). Nach einer 37%igen Ausfallrate bestand die Interventionsgruppe nur noch aus 62 Spielern und die Kontrollgruppe aus 78 Spielern. Während der Studie konnten erhebliche Verbesserungen bezüglich des Gleichgewichtsindex in der Interventionsgruppe festgestellt werden. In Bezug auf die Anzahl oder Art der Verletzungen zwischen den beiden Gruppen wurden keine Unterschiede festgestellt. Überraschenderweise wurden vier VKB-Verletzungen in der Interventions- und nur eine in der Kontrollgruppe dokumentiert, jedoch unterteilten die Tester nicht in Verletzungen mit und ohne Fremdeinwirkung. Unter allen verletzten Spielern während der dreimonatigen Dauer der Untersuchung konnte festgestellt werden, dass das Vorkommen neuer Verletzungen höher in der Kontrollgruppe im Vergleich zu der Interventionsgruppe war. Diese neuen Verletzungen wurden jedoch nicht spezifiziert. Zusammenfassend konnte das untersuchte Training auf einem Gleichgewichtsbrett die VKB-Verletzungsrate im Frauenfußball nicht reduzieren (vgl. Söderman u. a., 2000, S. 360 ff.).

Studie nach Steffen et al.

Steffen et al. befassten sich ebenfalls mit den Auswirkungen eines Präventionsprogramms zur Reduktion von Verletzungen unter Frauenfußballerinnen. Alle U17 Mannschaften der südöstlichen Region Norwegens der Saison 2005 wurden eingeladen, sich an der Studie zu beteiligen. Von 157 vorhandenen Teams nahmen 113 mit einer Gesamtzahl von 2100 Spielern teil, die einverstanden waren, die Untersuchung zu unterstützen (vgl. K. Steffen, Myklebust, Olsen, Holme, & Bahr, 2008, S. 606).

Sie entwickelten über eine Saison von acht Monaten hinweg das Präventionsprogramm "the 11" mit zufällig ausgewählter Kontroll- und Testgruppe und integrierten dabei ein fünfzehnminütiges Aufwärmtraining in die Trainingseinheiten der Interventionsgruppe. Das Programm wurde den inkludierten Teams zu Beginn der Vorsaison vorgestellt und anschließend während jeder Trainingseinheit für fünfzehn aufeinanderfolgende Trainings eingebaut und im Anschluss einmal wöchentlich statt des normalen Aufwärmprogramms durchgeführt. Rumpfstabilität, Gleichgewichts- und propriozeptives Training, plyometrische Übungen und exzentrische Hamstringsübungen waren Bestandteile des Präventionsprogramms. Während der

Implementierung dieses Interventionsprogrammes lag das Hauptaugenmerk auf der ordnungsgemäßen Übungsausführung (vgl. K. Steffen u. a., 2008, S. 604). Ein besonderer Schwerpunkt lag auf der Rumpfstabilität, Hüftsteuerung und der korrekten Knieausrichtung, um übermäßige X-Beinstellung in den statischen und dynamischen Gleichgewichtsübungen sowie in Landungen von Sprüngen zu verhindern (vgl. K. Steffen u. a., 2008, S. 604).

Abb. 11: Übungsausführung und Wiederholungszahl aus „the 11“

Exercises	Description	Repetitions
Core stability		
The bench (1)	Leaning on your elbows in the prone position, lift the upper body, hips and knees so that the body forms a straight line from the shoulder to the heels. Hold this position	15 s × 4 repetitions
Sideways bench (2)	Leaning on one elbow in the side position, lift top leg and hips until the shoulder, hip and top leg are in straight line and parallel to the ground. Hold this position	15 s × 2 repetitions on each side
Balance		
Cross-country skiing (3)	In single-leg stance, continuously bend and extend the knee of the supporting leg and swing the arms in rhythm	15 s × 2 repetitions on each leg
Chest pass in single-leg stance (4)	Partner exercise with both players in single-leg stance. Throw a ball back and forth	15 s × 3 repetitions on each leg
Forward bend in single-leg stance (5)	As (4). Before throwing back, touch the ball to the ground without putting weight on it	15 s × 3 repetitions on each leg
Figure-of-eights in single-leg stance (6)	As (4). Before throwing back, move the ball in a figure-eight through and around both legs	15 s × 3 repetitions on each leg
Plyometrics		
Line jumps (sideways, forwards-backwards) (7)	Two-leg jumps sideways over a line and forward-back as quickly as possible	15 jumps of each type
Zigzag shuffle (forwards and backwards) (8)	Shuffle sideways with a low center of mass to the first cone, turn so that the other shoulder points to the next cone and complete the zigzag course as fast as possible	2 repetitions in each direction (20 m)
Bounding (9)	Spring as high and far as possible off the supporting leg. Bring the knee of the trailing leg up as high as possible and the opposite arm in front of the body. Continuous bounding, switching legs on each take off	10–15 jumps × 3 repetitions (20 m)
Strength		
Nordic hamstrings (10)	Lower legs are held stable by a partner. Slowly lean forward keeping the upper body and hips straight while resisting the forward-falling motion by the hamstring muscles	5 repetitions

The single-leg balance exercises (4, 5 and 6) were done on a balance mat when the players were able to perform these exercises properly on stable ground.

(K. Steffen u. a., 2008, S. 607)

Das Interventionsprogramm “the 11” enthielt zehn Übungen, die sich auf diese Schwerpunkte fokussierten und in Abbildung 11 von Steffen et al. veranschaulicht werden. Der elfte Bestandteil “fair play” wurde nicht als ein Teil des Präventionsprogramms aufgenommen und somit in der Studie von Steffen et al. nicht getestet (vgl. K. Steffen u. a., 2008, S. 604).

Die primäre Testvariable stellte die Verletzungsrate zwischen der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe nach der ersten Trainingseinheit der Interventionsteams dar. Als weitere Variable wurde die Anzahl an Verletzungen der Spieler, wie das Vorkommen von Sprunggelenks-, Knie- und

Hamstringsverletzungen und anderer Verletzungen in beiden Gruppen während der selben Periode herangezogen (vgl. K. Steffen u. a., 2008, S. 607 f.).

Während der achtmonatigen Saison, inklusive zweimonatiger Vorsaison und der Sommerpause, verletzten sich 396 von 2020 Spieler, was 20% entspricht, mindestens einmal. Unter diesen Spielern traten bei 57 (3%) zwei Verletzungen und bei 15 (1%) von ihnen sogar drei Verletzungen auf, was zu einer Summe von 483 Verletzungen führte. Unter dieser Gesamtzahl an Verletzungen wurden 98 (20%) als "re-injuries" eingestuft, 9 Verletzungen ereigneten sich sogar auf Basis von vorherig aufgetretenen Verletzungen aus der gleichen Saison. Das Verhältnis von erneut verletzten Spielern zwischen der Interventions- und der Kontrollgruppe lag bei 16% im Vergleich zu 22% (vgl. K. Steffen u. a., 2008, S. 608).

Die Gesamtbelastung, ebenso wie die Spiel- und Trainingsbelastung, stellte sich für beide Gruppen als gleich heraus, wie in Abbildung 12 von K. Steffen et al. deutlich wird.

Abb. 12: Belastungsdaten in Stunden pro Team

No of teams	Control (n = 947 players)	Intervention (n = 1073 players)			Total (n = 2020 players)
		All	Compliant	Non-compliant	
	51	58	14	44	109
Match	19 856	20 731	5371	15 360	40 587
Training	45 869	45 692	13 722	31 970	91 561
Total	65 725	66 423	19 093	47 330	132 148

(K. Steffen u. a., 2008, S. 609)

Kein Unterschied konnte zudem für das Verhältnis von verletzten Spielern der Interventions- und Kontrollgruppe, weder im Training noch während der Spiele, festgestellt werden. In Bezug auf die Art, Stelle oder Schwere der Verletzung konnten ebenfalls keine Unterschiede ausgemacht werden. Während des achtmonatigen Präventionsprogramms traten insgesamt neun VKB-Verletzungen auf, vier in der Interventionsgruppe und fünf in der Kontrollgruppe. In einer tiefgreifenden Analyse innerhalb der Interventionsgruppe zur Feststellung, inwiefern die Regelkonformität das Risiko einer Verletzung beeinflusst, wurde die Interventionsgruppe in zwei Untergruppen eingeteilt. Eine Gruppe, welche mindestens 20 präventive Trainingseinheiten absolvierte und eine, die weniger als 20 Einheiten durchführte. Diese werden in Abbildung 12 unter "compliant" und "non-compliant" dargestellt (vgl. K. Steffen u. a., 2008, S. 609).

Zusammenfassend lässt sich jedoch sagen, dass auch in diesen beiden Gruppen keine Unterschiede festgestellt werden konnten (vgl. K. Steffen u. a., 2008, S. 609).

Im Anschluss an das von K. Steffen et al. durchgeführte Präventionsprogramm auf der Basis von "the 11", wird im kommenden Absatz auf das Präventionsprogramm FIFA 11+ eingegangen. Dies ist eine Weiterentwicklung von "the 11" und ist aus diesem Grund relevant um auf Schwächen vorheriger Präventionsstrategien untersucht zu werden.

3.1.3 FIFA 11+

"FIFA 11+" ist ein einfaches und einprägsames Präventionsprogramm für Fußballspieler und Fußballspielerinnen ab 14 Jahren und eine Weiterentwicklung von "the 11". Es wurde unter der Leitung von einer Gruppe internationaler Experten des FIFA-Zentrums für medizinische Auswertung und Forschung (F-MARC), des Osloer Sporttrauma-Forschungszentrums, sowie des Santa Monica Orthopaedic and Sports Medicine Research Foundation entwickelt, um die häufigsten und schwerwiegendsten Fußballverletzungen, wie Verstauchungen des Fußgelenks, Verletzungen der Hamstrings, Leiste und Kniebänderverletzungen zu reduzieren. Die Programme "the 11" und das "PEP Program" dienten als Basis für "FIFA 11+". Die Durchführung dieses Programms benötigt lediglich einen Ball, sollte in jede Trainingseinheit integriert werden und ist in 10-15 Minuten durchführbar (vgl. FIFA Medical Assessment and Research Centre (F-Marc), 2012, S. 70 f.).

Eine Summe von zwölf verschiedenen Studien wurden in zehn verschiedenen Ländern implementiert, um die Effizienz des "FIFA 11+" Programmes zu testen (vgl. Barengo u. a., 2014, S. 11990).

Im Folgenden wird eine dieser Studien näher erläutert, welches 2008 von Soligard et al. im British Medical Journal veröffentlicht wurde. Die Studie "Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial" umfasste eine Testgruppengröße von 1055 Athleten der Interventions- und 837 der Kontrollgruppe unter Frauenfußballspielerinnen zwischen 13-17 Jahren. Das Alter, sowie die Ausfallrate der beiden Gruppen verzeichneten keine wesentlichen Unterschiede (vgl. Soligard u. a., 2008, S. 4).

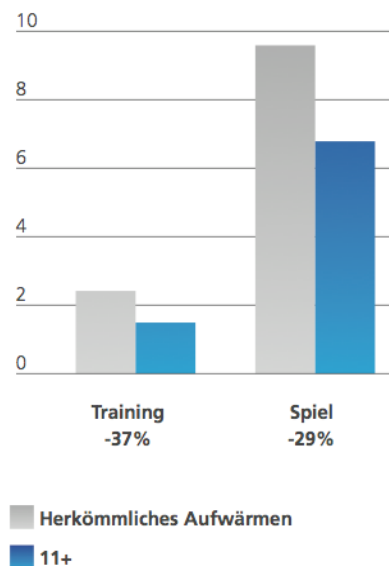
Wie in Anhang 1 entnommen werden kann, besteht das Programm "FIFA 11+" aus unterschiedlichen Bereichen. Der erste Teil enthält verschiedene Laufübungen mit

aktivem Stretching und kontrollierten Körperkontakten. Im Anschluss daran bildet Teil zwei den umfangreichsten Bereich des Programms. Sechs Übungen zur Stärkung der Rumpf- und Beinmuskulatur sowie zur Verbesserung des Gleichgewichts und Plyometrie werden jeweils in drei Schwierigkeitsstufen verdeutlicht. Den Abschluss des Programms bildet der dritte Teil, der drei Lauf- und Sprintübungen mit Sprüngen oder Richtungswechseln integriert (vgl. FIFA Medical Assessment and Research Centre (F-Marc), 2012, S. 6).

Während der Implementierung des Präventionsprogramms wurde speziell auf die verbesserte Wahrnehmung und neuromuskuläre Kontrolle während des Stehens, Laufens, Springens, Landens und des schnellen Richtungswechsels eingegangen (vgl. Soligard u. a., 2008, S. 3).

Die Auswirkungen des “FIFA 11+” Aufwärmprogramms im Vergleich zu herkömmlichen Aufwärmtechniken werden in der anschließenden Grafik (Abb. 13) in Bezug auf das Verletzungsvorkommen pro 1000 Fußballstunden veranschaulicht. Es werden hierbei keine verschiedenen Verletzungen abgegrenzt.

Abb. 13: Vergleich der Verletzungen/1000 Std im Fußball zwischen FIFA 11+ und herkömmlichem Aufwärmen



(FIFA Medical Assessment and Research Centre (F-Marc), 2012, S. 5)

Ein Unterschied der Inzidenz von 37% bei Trainings- bzw 29% bei Spielverletzungen konnte zwischen herkömmlichen Aufwärmtrainings und der

“FIFA 11+” Methode festgestellt werden (vgl. FIFA Medical Assessment and Research Centre (F-Marc), 2012, S. 5).

Die analysierten Präventionsstrategien wurden ausgewählt, um die Entwicklung in den letzten Jahren bezüglich Verletzungspräventionsmöglichkeiten zu veranschaulichen. Es wurden Präventionsprogramme getestet, welche in den Jahren 2000-2008 durchgeführt wurden, da diese die Grundlage für die meisten aktuellen Maßnahmen bilden und so für das Verständnis dieser relevant sind. Das “PEP Program”, welches in die Studien von Mandelbaum et al. und Gilchrist et al. integriert wurde und zur Erstellung des heute im Fußballsport gängigen “FIFA 11+” Präventionsprogramms beigetragen hat, sind Beispiele für die positive Entwicklung. Jedoch lassen sich auch häufig die gleichen Schwächen der Studien trotz einer Weiterentwicklung dieser feststellen. Zusammenfassend aus den vorangegangenen Präventionsprogrammen lassen sich die folgenden wichtigen Bestandteile für nachfolgende Strategien zur Prävention ableiten. Haltungs- und Stabilisationsübungen, zusammengefasst als “Core-Training”, Beweglichkeits- sowie sensomotrisches Training, plyometrisches Training und neuromuskuläre Trainingskomponenten müssen darin integriert werden, um die neuromuskuläre Kontrolle positiv zu beeinflussen (vgl. Hottenrott, Gronwald, & Neumann, 2011, S. 281). Eine Zusammenfassung aller bisherig untersuchten Präventionsstrategien wird in den kommenden Kapiteln vorgenommen und diese anschließend kritisch beurteilt.

3.2 Ergebnis

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse, die aus den unterschiedlichen Präventionsstrategien hervorgingen, in Studien zur Annahme sowie zur Ablehnung präventiver Maßnahmen zusammengefasst und in zwei Tabellen visualisiert. Zudem wird die Fragestellung “Inwieweit ist es sinnvoll, gezielt Maßnahmen zur Prävention einer vorderen Kreuzbandruptur durchzuführen?” umfassend analysiert und geklärt, inwieweit diese abzulehnen oder anzunehmen ist.

3.2.1 Studien zur Ablehnung präventiver Maßnahmen

In der folgenden Abbildung 14 werden die Studien zu Ablehnung präventiver Maßnahmen dargestellt. Die Gründe für die Ablehnung präventiver Maßnahmen als sinnvolles Mittel zur Reduktion von VKB-Verletzungen wurden bereits in den Kapiteln 3.1.1 und 3.1.2 dargestellt.

Abb. 14: Studien zur Ablehnung präventiver Maßnahmen

Quelle	Risikofaktoren	Testaufbau	Beschreibung	Ergebnisse
Pfeiffer et al. (2006)	Sprunglandung & Laufabbremsmechanismen	1439 Testpersonen aus Ballsportarten, Kontrollgruppe	Dauer von 9 Wochen, 2x wöchentlich 20min, Abbrems- und Richtungswechsel Manöver, Körperwahrnehmung, plyometrisches Training, Aufwärm- oder Auslaufprogramm	unter zehn VKB-Verletzungen sechs VKB-Verletzungen ohne Fremdeinwirkung, 3 in Kontrollgruppe und 3 in Interventionsgruppe
Söderman et al. (2000)	Propriozeption der unteren Extremitäten & dynamisches Gleichgewicht	221 Amateurfußballspielerinnen, Kontrollgruppe	Dauer von 7 Monaten, 3x wöchentlich 10-15min, Gleichgewichtstraining	Keine Reduktion der VKB Verletzungsraten konnte innerhalb der Studie festgestellt werden
Steffen et al. (2008)	Ungleichgewicht muskulärer Koaktivierung, dynam. Knievalgus Momente kollabieren	2092 Fußballspielerinnen, Kontrollgruppe	Dauer von 8 Monaten, 15 aufeinanderfolgende Trainingseinheiten, danach 1x wöchentlich 15 min, Aufwärmprogramm "the 11"	Kein Unterschied zwischen den Verletzungsraten oder speziellen Verletzungen in den beiden Gruppen

(Erstellung des Verfassers, in Anlehnung an: Pfeiffer, 2006; Söderman u. a., 2000; K. Steffen u. a., 2008)

3.2.2 Studien zur Annahme präventiver Maßnahmen

In den folgenden Abbildungen 15 und 16 werden die Studien zu Annahme präventiver Maßnahmen dargestellt.

Abb. 15: Studien zur Annahme präventiver Maßnahmen (1/2)

Quelle	Risikofaktoren	Testaufbau	Beschreibung	Ergebnisse
Chimera et al. (2004)	Missverhältnis der muskulären Koaktivierung	18 Testpersonen, pre- und post-test, Kontrollgruppe	Plyometrische Übungen, 2x wöchentlich, 20-30 min/Tag für sechs Wochen	Erhöhte Voraktivierung der Hüftadduktorenmuskulatur, erhöhte muskuläre Adduktor zu Abduktoren Koaktivierung
Myer et al. (2007)	Erhöhte Knieabduktion während der Landung	29 Testpersonen, hohe und niedrige Risikogruppe, Kontrollgruppe	Versuch über 7 Wochen, 3x wöchentlich, neuromuskuläres Trainingsprogramm	Verminderung der Knieabduktionsmomente um 13% in hoher Risikogruppe
Chappell & Limpisvasti (2008)	Dynamische Knie valgus Momente, erhöhte Knieflexionswinkel & Hüfflexion während eines Sprunges	30 Testpersonen, pre- und post-test, keine Kontrollgruppe	Versuch über 6 Wochen, 6x wöchentlich 10-15min vor der Sportart, Rumpfkrafttraining, Gelenkstabilität und Gleichgewichtstraining, Sprung- und plyometrische Übungen	Stop jump: Knie valgus Moment stieg, drop jump: erhöhter Knieflexionswinkel, Verbesserung der Sprungausübung
Zebis et al. (2008)	Neuromuskuläre Muster zur Steigerung der Kniestreckung & Knie valgus Winkel während Landung	20 Testpersonen, Kontrollgruppe	2xwöchentlich 20 min über eine Saison hinweg, neuromuskuläres Training	Erhöhte EMG Aktivität des M. semitendinosus vor und während der Landung, Quadrizeps EMG unverändert

(Erstellung des Verfassers, in Anlehnung an: Chimera u. a., 2004; Myer u. a., 2007; Chappell & Limpisvasti, 2008; Zebis u. a., 2008)

Abb. 16: Studien zur Annahme präventiver Maßnahmen (2/2)

Quelle	Risikofaktoren	Testaufbau	Beschreibung	Ergebnisse
Mandelbaum et al. (2005)	Landemechanismen, Ungleichgewicht muskulärer Koaktivierung	5703 Fußballspielerinnen, Kontrollgruppe, Bisaisonal	2-3x wöchentlich 20 min, Ersatz des regulären Aufwärmprogramms; abgeleitet aus "PEP Program": 3 herkömmliche Aufwärmübungen, 5 Dehnungen Rumpf & untere Extremitäten, 3 Kraftübungen, 5 plyometrische Übungen, 3 fußballspezifischen Beweglichkeitseinheiten	74%-88% Reduktion der VKB Verletzungsrate zwischen der ersten und zweiten Saison
Gilchrist et al. (2008)	Neuromuskuläre Kontrolle & Verhinderung von ungeeigneten biomechanischen Techniken	61 Teams, 1435 Fußballspielerinnen, Kontrollgruppe	12 wöchiges Aufwärmprogramm; abgeleitet aus "PEP Program" (siehe Mandelbaum)	41% Reduktion VKB-Verletzungen
Soligard et al. (2008)	Inkorrekte Körperhaltung, Wahrnehmung & neuromuskuläre Kontrolle während unterschiedlichen Manövern	1892 Fußballspielerinnen, Kontrollgruppe,	Teil 1: Laufübungen + Stretching Teil 2: 6 Übungen zur Stärkung Rumpf- & Beinmuskulatur, Verbesserung Gleichgewicht & Plyometrie (Einteilung in 3 Schwierigkeitsstufen) Teil 3: Lauf- und Sprintübungen mit Sprüngen oder Richtungswechseln	37% Reduktion von Verletzungen im Training, 29% Reduktion von Verletzungen im Spiel (Im Vergleich zu herkömmlichem Aufwärmtraining)

(Erstellung des Verfassers, in Anlehnung an: (Mandelbaum, 2005; Gilchrist u. a., 2008; Soligard u. a., 2008)

3.2.3 Zusammenfassung der Erhebungsergebnisse

Basierend auf der Analyse der im vorherigen Kapitel zusammengefassten und untersuchten Studien, welche sowohl die Wirksamkeit präventiver Maßnahmen als auch die Unwirksamkeit von Präventionsmaßnahmen als Ergebnis gezeigt haben, kann im Folgenden die Themenfrage beantwortet werden. In drei der in 3.2.1 ausgearbeiteten Studien kann von einer Ablehnung präventiver Maßnahmen ausgegangen werden. Pfeiffer et al., Söderman et al. und Steffen et al. konnten durch ihre Präventionsprogramme keine Veränderungen in Bezug auf die Senkung von VKB-Verletzungsraten feststellen. Die Testgruppengröße verzeichnete einen ausreichenden Umfang von 221-2092 Teilnehmern und es wurde in allen drei Studien ein Kontrollgruppenschema angewendet.

Im Gegensatz dazu konnten in 3.2.2 zur Annahme präventiver Maßnahmen sieben der insgesamt zehn bearbeiteten Studien eingeordnet werden. Chimera et al., Myer et al., Chappell & Limpisvasti, Zebis et al., Mandelbaum et al., Gilchrist et al. und Soligard et al. konnten in ihren Studien signifikante Verbesserungen der Teilnehmer in den Testbereichen durch die Präventionsprogramme nachweisen. Diese bezogen sich entweder indirekt wie bei Chimera et al., Myer et al., Chappell & Limpisvasti, Zebis et al. auf die Prävention VKB-Verletzungen, durch beispielsweise einer Verminderung zu großer Knieabduktionsmomente während der Landung oder direkt auf die Reduktion VKB-Verletzungsraten, wie Mandelbaum et al., Gilchrist et al. und Soligard et al. aufzeigen konnten.

Das Präventionsprogramm "FIFA 11+" wurde nicht in die Ergebnisanalyse integriert, da dieses Programm auf mehreren der untersuchten Studien aufbaut und aus diesem Grund zu einer Verfälschung des Ergebnisses beitragen würde. Zudem wird "FIFA 11+" als praktische Präventionsmaßnahme und nicht als Studie dargestellt und dient primär als eine Darstellung, inwieweit theoretische Grundlagen sinnvoll und nachhaltig in die Praxis integriert werden können. Deshalb muss das Programm in die vorliegende Arbeit einbezogen werden, dies zielt jedoch nicht primär auf die Beantwortung der Themenfrage ab.

Aufgrund der deutlichen Mehrzahl der anzunehmenden Studien zur erfolgreichen Prävention von VKB-Verletzungen und der überzeugenderen Argumentation der Präventionsprogramme, kann die Themenfrage, inwieweit gezielte Maßnahmen

zur Prävention einer vorderen Kreuzbandruptur sinnvoll sind, angenommen werden. Eine Diskussion dieser Ergebnisse und kritische Beurteilung wird in Kapitel 4 ausführlich dargelegt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Einführung eines alternativen Aufwärmprogramms, welches spezifische neuromuskuläre und propriozeptive Trainingstechniken beinhaltet, das Risiko einer VKB-Ruptur ohne Fremdeinwirkung bei weiblichen Fußballern reduzieren kann (vgl. Gilchrist u. a., 2008, S. 1482).

4 Diskussion der Ergebnisse

Aufgrund der Annahme der These der in 3.2 zusammengefassten Ergebnisse der unterschiedlichen Präventionsprogramme, muss eine kritische Diskussion dieser Ergebnisse durchgeführt werden, um die Validität der Untersuchungsergebnisse überprüfen zu können.

4.1 Limitationen

Verschiedene Anwendungsgrenzen der unterschiedlichen Präventionsstrategien können aus den vorherigen Kapiteln erschlossen werden.

Eine Verfälschung der Ergebnisse könnte beispielsweise durch die Einbindung von Athleten zugehörig zu nur einer Universität, wie es bei Chappell und Limpisvasti der Fall war, aufgetreten sein. Die interne Aussagekraft kann dadurch zwar an Stärke gewonnen haben, extern würde diese jedoch erheblich sinken und das Erhebungsergebnis verfälschen.

Ein weiterer Gesichtspunkt ist das häufige Fehlen einer Kontrollgruppe, ohne die kein Vergleich in Bezug auf die kinematischen und kinetischen Veränderungen durch die Präventionsstrategien stattgefunden haben kann.

Einen erheblichen Einfluss auf die Resultate der Präventionsprogramme haben unter anderem das Wissen der Teilnehmer an diesen. Dieser Effekt wird als Hawthorne-Effekt bezeichnet, welcher die Veränderung des natürlichen Verhaltens der Teilnehmer aufgrund des Wissens an der Teilnahme der Studie beschreibt. Dieser Effekt kann dazu führen, dass die Wirksamkeit der Studie sinkt. Das Ergebnis der Testgruppe wird dadurch beeinträchtigt, dass ein größeres Interesse der Teilnehmer an dem untersuchten Themengebiet, in diesem Fall der Prävention an VKB-Verletzungen bestand (vgl. Mandelbaum, 2005, S. 1008).

Die Testgruppengröße kann ebenfalls zu einer Limitierung der Validität der Untersuchungsergebnisse geführt haben. VKB-Verletzungen im Allgemeinen und VKB-Verletzungen ohne Fremdeinwirkung im Speziellen, erfordern eine hohe Anzahl an Testpersonen in einer Studie. Die Kalkulation auf Basis einer Voruntersuchung ergab, dass 100 Teams benötigt würden, um die gewünschte Gruppengröße zu erhalten (vgl. Gilchrist u. a., 2008, S. 1482). Noch wesentlichere Unterschiede hätten demnach verzeichnet werden können, wenn die Stichprobengröße und Trainingszeit umfangreicher ausgesucht worden wäre (vgl. Chappell & Limpisvasti, 2008, S. 1085).

Auf Grundlage dieser Untersuchung kann davon ausgegangen werden, dass Chimera et al., Myer et al., Chappell und Limpisvasti sowie Zebis et al. eine unzureichende Gruppengröße für deren Analyse ausgewählt haben. Zeit und finanzielle Mittel sind jedoch mögliche Ursachen, welche die Größe der Teams und das Ausweiten der Studie beschränkt haben könnten.

Die Inzidenz an VKB-Verletzungen ist in den Sportarten Fußball und Basketball am höchsten (vgl. Alentorn-Geli u. a., 2009a, S. 705). Aus diesem Grund wurden die beteiligten Athleten der Präventionsprogramme aus diesen Sportarten ausgewählt. Ob jedoch die gezielten Präventionsprogramme auch auf andere Sportarten angewendet werden können, ist unklar. Außerdem lag das Alter der untersuchten Teams zwischen 14 und 18 Jahren, eine Übertragung der Erfolge an ältere oder jüngere Athleten ist aus diesem Grund ebenfalls nicht belegt.

Des Weiteren konzentrierten sich alle Studien auf die Risikogruppe der Frauen, was dazu führt, dass weitere Untersuchungen bezüglich der Anwendung dieser Präventionsprogramme auf männliche Athleten benötigt werden. Hierfür werden aktuell weitere Studien durchgeführt, um die Effektivität des Programms in anderen Altersklassen, bei männlichen Athleten oder für Sportler in anderen Risikosportarten zu überprüfen (vgl. Gilchrist u. a., 2008, S. 1482).

Eine weitere Limitation wird in den Studien von Söderman et al. und Steffen et al. deutlich. Eine ungenügende Regelkonformität könnte sich hierbei auf das erreichte Ergebnis ausgewirkt haben. Die wahrscheinlichste Erklärung für die ähnlichen Werte, die bei Steffen et al. in den beiden Gruppen als Ergebnis der Studien präsentiert wurden, stellt die ungenügende Regelkonformität der Interventionsgruppe dar. Abbildung 11 in Abschnitt 3.1.2 verdeutlicht den Anteil an Sportlern, die in ungenügendem Ausmaß an den Trainings teilgenommen haben. Wie in der Analyse gezeigt wurde kann angenommen werden, dass die Anzahl an absolvierten Trainingseinheiten nicht effektiv dazu beiträgt, die Verletzungsraten bei jungen Frauenfußballerinnen reduzieren zu können (vgl. K. Steffen u. a., 2008, S. 609). Außerdem wurden die ausgewählten Übungsinhalte der Studie von Steffen et al. zum größten Teil in das Präventionsprogramm "FIFA 11+" integriert, dieses konnte jedoch den Studien zur Annahme von Präventionsmaßnahmen zugeordnet werden, da es zu einer 29-37% Reduktion von Verletzungen beitrug. Die logische Schlussfolgerung daraus ist, dass die ungenügende Regelkonformität die Studie von Steffen et al. verfälschte.

Als eine zusätzliche Limitation der Studien, wird die "home-based nature" der Präventionsprogramme bezeichnet, da es hierbei zu keiner Kontrolle und

Verbesserung der Übungsausführung durch einen speziell darauf ausgebildeten Trainer kommen konnte. Es kann somit nicht belegt werden, wie stark sich die Präventionsprogramme auf die Verletzungsraten auswirken würden, wenn eine regelmäßige Kontrolle der Übungsinhalte stattgefunden hätte.

Die Aufwärmprogramme enthielten nicht alle die Aspekte Kraft-, plyometrische-, Flexibilität- oder Beweglichkeitsübungen, wie beispielsweise Söderman et al., was auf eine unzureichende Diversifikation der Übungen schließen lässt.

Möglicherweise wären die Unterschiede der untersuchten Verletzungsraten auch wesentlich deutlicher gewesen oder früher aufgetreten, wenn die Implementierung der Programme bereits während der Vorbereitungsphase auf die Saison und der Winterpause eingeführt worden wären (vgl. Gilchrist u. a., 2008, S. 1481 f.).

Als letzten Punkt, welcher ein möglicher Störfaktor für die Validität der Studien genannt werden kann, ist die muskuläre Ermüdung. Es wird angenommen, dass muskuläre Ermüdung jeglichen Nutzen der Studien bezüglich einer Reduktion von VKB-Verletzungen verhindert und somit als starke Einflussgröße näher analysiert werden müsste (vgl. Steffen et al.).

4.2 Stärken

Im Gegensatz zu den in 4.1 beschriebenen Limitationen der Studien werden im Anschluss die Stärken, wodurch die Studien als valide anerkannt werden konnten, verdeutlicht.

Die Inzidenz von VKB-Verletzungen bei Frauen ist wesentlich höher als die der Männer, wie in Kapitel zwei bereits analysiert wurde. Den Fokus auf weibliche Athleten zu legen, die beispielsweise ein höheres Risiko bezüglich Belastungen der Knieabduktion während dynamischen Übungen aufweisen, wäre eine logische Schlussfolgerung und stützt so die Konzentration der Präventionsprogramme auf das weibliche Geschlecht. Dies könnte dazu beitragen, die Wirksamkeit neuromuskulären Trainings in dieser Zielgruppe weiterhin zu verbessern (vgl. Myer u. a., 2007, S. 3 f.).

Ein weiterer positiver Aspekt ist, dass einige Studien ohne direkte Aufsicht durch einen Arzt oder Physiotherapeuten erfolgreich implementiert werden konnten, woraus zu schließen ist, dass auch ohne speziell geschultes Fachpersonal eine erfolgreiche Umsetzung der Programme möglich ist (vgl. Mandelbaum, 2005 in Gilchrist u. a., 2008, S. 1482).

Ein eindeutiger Vorteil der meisten im Rahmen der Arbeit aufgeführten Präventionsprogramme stellt die Konzeption als ein Aufwärmprogramm vor dem eigentlichen Training oder Wettkampf dar. Dieses benötigte lediglich einfache sportartspezifische Ausrüstung und ist dadurch ein praktischer und kostengünstiger Weg, um das Vorkommen von VKB-Verletzungen zu verringern. Weiterhin wurden die untersuchten Programme mehrmals wöchentlich während der Fußballsaison durchgeführt, wodurch diese mit den bereits bestehenden Trainingsprogrammen in jedem Fußballteam kompatibel waren und so mit wenig Aufwand in die bestehenden Strukturen integriert werden konnten (vgl. Gilchrist u. a., 2008, S. 1482).

Eine weitere Stärke der analysierten Präventionsprogramme stellt deren unterschiedlich konzipiertes Trainingsprogramm dar. Der Aufbau ähnelte sich in den einzelnen Präventionsstrategien, jedoch wurde auf die unterschiedlichste Muskulatur, beteiligt an der Reduktion VKB-Verletzungen sowie möglichen Risikofaktoren, eingegangen. Die zudem breit angelegte Diversifikation der Übungen machte es den Testern möglich, die meisten veränderbaren Risikofaktoren weiblicher Athleten anzusprechen. Weitere Recherche könnte dazu genutzt werden, die allgemeine Wirksamkeit auch unter weniger kontrollierten Umständen zu testen (vgl. Gilchrist u. a., 2008, S. 1482).

Obwohl nur auf einzelne Sportarten, wie im Speziellen Fußball und Basketball eingegangen wurde und aus diesem Grund eine Limitation darstellt, ist eine Erklärung dafür und damit auch eine Stärke die hohe Inzidenz der VKB-Verletzungen in diesen Sportarten. Zwar können die Präventionsprogramme nicht direkt auf andere Sportbereiche übertragen werden, jedoch ist dies nicht in erster Linie von Signifikanz.

Resultierend aus den im Rahmen der Arbeit durchgeführten Analysen muss davon ausgegangen werden, dass weitere Quer- bzw. Längsschnittanalysen im Hinblick auf Präventionsmaßnahmen bezüglich des männlichen Geschlechts und weiterer Sportarten benötigt werden, um die These der Arbeit vollends bestätigen zu können.

Jedoch weisen die Ergebnisse der Untersuchungen der Beispielstudien darauf hin, dass vor allem Präventionsmaßnahmen, die als gezieltes Aufwärmtraining sowohl in Trainings- als auch Wettkampfdurchführungen in der spezifischen Sportart integriert wurden, einen hohen Erfolg in Bezug auf die Prävention und die daraus resultierende Verringerung von VKB-Verletzungsraten verzeichnen konnten.

Die Studien zur Ablehnung präventiver Maßnahmen wurden durch verschiedene Aspekte, wie beispielsweise die Missachtung der Regelkonformität verfälscht und können somit als weniger aussagekräftig abgestuft werden. Die Diskussion der Ergebnisse hat erfolgreich dazu beigetragen, die Themenfrage "Inwieweit ist es sinnvoll, gezielt Maßnahmen zur Prävention einer vorderen Kreuzbandruptur durchzuführen" auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse annehmen zu können.

5 Fazit

*„Vorbeugen ist besser als heilen.“
(Hippokrates 400 v.Chr.)*

Prävention muss in der heutigen Zeit, die geprägt durch ein gesundheitsbewusstes Verhalten und den Anstieg an sportlicher Betätigung der Bevölkerung ist, ebenso an Bedeutung gewinnen. Den wichtigsten Faktor stellt hierbei das Wissen um die richtigen präventiven Maßnahmen dar. Die Zielsetzung dieser Arbeit ist es, dieses Wissen in den Lesern zu verankern und so zu einer Reduktion von Verletzungen beizutragen. Ausgewählte Präventionsstrategien wurden untersucht, um festzustellen inwieweit gezielte Maßnahmen für eine Reduktion von VKB-Verletzungen sinnvoll sind und welche Einflussfaktoren diese begrenzen. Hierbei wurde herausgefunden, dass der größte Störfaktor die unzureichende Teilnahme an den Programmen darstellte, die zu einer Verfälschung der Ergebnisse beitrug.

Präventionsprogramme, die mehrere Aspekte in deren Studien mit einbezogen haben, konnten das Auftreten von Verletzungen weit mehr beeinflussen, als dies für Präventionsstrategien, die sich auf lediglich einen Aspekt fokussiert haben, der Fall war. Als erfolgreiche Trainingsinhalte konnten plyometrische Übungen der unteren Extremitäten, dynamische Gleichgewichts- und Kräftigungsübungen, Dehnungen, eine gezielte Verbesserung der Körperwahrnehmung und zielgerichtete Rumpfübungen zur Reduktion VKB-Verletzungen festgestellt werden. Diese widmen sich dem Ziel, die einwirkenden Kräfte während der Landung zu reduzieren, Kräfte, die von außen und innen (valgus und varus) auf das Knie einwirken zu minimieren und die Muskelaktivität zu steigern. Außerdem konnte der Zusammenhang zwischen einer erfolgreichen Implementierung der Präventionsprogramme, sowie des Zeitpunktes der Umsetzung festgestellt werden.

Eine vorsaisonale Integration verbunden mit einer Aufrechterhaltung des Präventionsprogrammes in der Hauptsaison, realisiert durch ein eingebautes präventives Aufwärmtraining, kann als Maßnahme zur Prävention einer VKB-Verletzung aufgrund der analysierten Präventionsprogramme herausgestellt werden. Es kann jedoch davon auszugehen sein, dass ein erhöhtes Trainingsvolumen oder eine Steigerung der gezielten Techniken nötig sein wird,

um das Risiko einer VKB-Verletzung ohne Fremdeinwirkung bei den Athleten noch weiter zu senken.

Weitere Untersuchungen müssen in Bezug auf das Verletzungsrisiko unter männlichen Athleten stattfinden, da nicht herausgefunden werden konnte, ob die erfolgreichen Fallstudien bei Frauen auch positiv auf die Reduktion des Verletzungsvorkommen bei Männern wirken können. Außerdem muss in weiteren Studien geklärt werden, ob sich die herausgearbeiteten Präventionsmaßnahmen auch auf andere Sportarten übertragen lassen können, oder ob hierbei andere Trainingsinhalte von Bedeutung sind.

Literaturverzeichnis

Alentorn-Geli, E., Myer, G. D., Silvers, H. J., Samitier, G., Romero, D., Lázaro-Haro, C., & Cugat, R. (2009a). Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 17(7), 705–729.

Alentorn-Geli, E., Myer, G. D., Silvers, H. J., Samitier, G., Romero, D., Lázaro-Haro, C., & Cugat, R. (2009b). Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 2: A review of prevention programs aimed to modify risk factors and to reduce injury rates. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 17(8), 859–879.

Appell, H.-J., Stang-Voss, C., & Battermann, N. (2008). *Funktionelle Anatomie: Grundlagen sportlicher Leistung und Bewegung* (4., vollst. überarb. Aufl.). Heidelberg: Springer Medizin.

Bahr, R. (2005). Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 39(6), 324–329.

Barengo, N., Meneses-Echávez, J., Ramírez-Vélez, R., Cohen, D., Tovar, G., & Bautista, J. (2014). The Impact of the FIFA 11+ Training Program on Injury Prevention in Football Players: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(11), 11986–12000.

Beard, D. J., Kyberd, P. J., O'Connor, J. J., Fergusson, C. M., & Dodd, C. A. F. (1994). Reflex hamstring contraction latency in anterior cruciate ligament deficiency. *Journal of Orthopaedic Research*, 12(2), 219–228.

Boden, B. P., Dean, G. S., Feagin, J. A., & Garrett, W. E. (2000). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics*, 23(6), 573–578.

Chappell, J. D., & Limpisvasti, O. (2008). Effect of a Neuromuscular Training Program on the Kinetics and Kinematics of Jumping Tasks. *The American Journal of Sports Medicine*, 36(6), 1081–1086.

Chaudhari, A. M. W., Zelman, E. A., Flanigan, D. C., Kaeding, C. C., & Nagaraja, H. N. (2009). Anterior cruciate ligament-injured subjects have smaller anterior cruciate ligaments than matched controls: A magnetic resonance imaging study. *The American Journal of Sports Medicine*, 37(7), 1282–1287.

Chimera, N. J., Swanik, K. A., Swanik, C. B., & Straub, S. J. (2004). Effects of plyometric training on muscle-activation strategies and performance in female athletes. *Journal of Athletic Training*, 39(1), 24–31.

Comerford, E. J., Tarlton, J. F., Avery, N. C., Bailey, A. J., & Innes, J. F. (2006). Distal femoral intercondylar notch dimensions and their relationship to composition and metabolism of the canine anterior cruciate ligament. *Osteoarthritis and Cartilage*, 14(3), 273–278.

Dowling, A. V., Corazza, S., Chaudhari, A. M. W., & Andriacchi, T. P. (2010). Shoe-Surface Friction Influences Movement Strategies During a Sidestep Cutting Task: Implications for Anterior Cruciate Ligament Injury Risk. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(3), 478–485.

Eiling, E., Bryant, A. L., Petersen, W., Murphy, A., & Hohmann, E. (2007). Effects of menstrual-cycle hormone fluctuations on musculotendinous stiffness and knee joint laxity. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 15(2), 126–132.

Eriksson, E. (2000). Prevention of injuries in sports. A realistic goal? *Der Orthopäde*, 29(11), 969–971.

FIFA Medical Assessment and Research Centre (F-Marc) (Hrsg.). (2012). 11+ Ein komplettes Aufwärmprogramm zur Verletzungsprävention MANUAL.

Gehrke, T. (2012). *Sportanatomie* (8. Aufl., genehmigte Lizenzausg). Hamburg: Nikol.

Gilchrist, J., Mandelbaum, B. R., Melancon, H., Ryan, G. W., Silvers, H. J., Griffin, L. Y., ... Dvorak, J. (2008). A Randomized Controlled Trial to Prevent Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Collegiate Soccer Players. *The American Journal of Sports Medicine*, 36(8), 1476–1483.

Gottlob, C. A., Baker, C. L., Pellissier, J. M., & Colvin, L. (1999). Cost Effectiveness of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Young Adults: *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 367, 272–282.

Griffin, L. Y. (2006). Understanding and Preventing Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries: A Review of the Hunt Valley II Meeting, January 2005. *American Journal of Sports Medicine*, 34(9), 1512–1532.

Griffin, L. Y., Agel, J., Albohm, M. J., Arendt, E. A., Dick, R. W., Garrett, W. E., ... Wojtys, E. M. (2000). Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 8(3), 141–150.

Hewett, T. E. (2005). Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes: Part 2, A Meta-analysis of Neuromuscular Interventions Aimed at Injury Prevention. *American Journal of Sports Medicine*, 34(3), 490–498.

Hewett, T. E. (2006). Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes: Part 1, Mechanisms and Risk Factors. *American Journal of Sports Medicine*, 34(2), 299–311.

Hottenrott, K., Gronwald, T., & Neumann, G. (2011). Verletzungsprävention durch Verbesserung der neuromuskulären Bewegungskontrolle. *Sport-Orthopädie - Sport-Traumatologie - Sports Orthopaedics and Traumatology*, 27(4), 274–282.

Jöllenbeck, T., Freiwald, J., Dann, K., Gokeler, A., Zantop, T., Seil, R., & Miltner, O. (2010). Vorderes Kreuzband Prävention von Kreuzbandverletzungen. *GOTS-Expertenmeeting*, 15–25.

Joyce, D., & Lewindon, D. (Hrsg.). (2016). *Sports injury prevention and rehabilitation: integrating medicine and science for performance solutions*. Milton Park, Abingdon, Oxon ; New York, NY: Routledge.

Kohn, D., & Abermann, E. (Hrsg.). (2016). *Expertise Knie*. Stuttgart: Thieme.

Mandelbaum, B. R. (2005). Effectiveness of a Neuromuscular and Proprioceptive Training Program in Preventing Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes: 2-Year Follow-up. *American Journal of Sports Medicine*, 33(7), 1003–1010.

Marzo, J. M., & Wickiewicz, T. L. (1997). Überlastungsschäden im Kniegelenk. In *Sportverletzungen und Überlastungsschäden Prävention, Therapie, Rehabilitation* (Bd. 4, S. 631). Dt. Ärzte-Verl.

Moore, K. W., & Frank, C. B. (1997). Akute Knieverletzungen. In *Sportverletzungen und Überlastungsschäden Prävention, Therapie, Rehabilitation* (Bd. 4, S. 631). Dt. Ärzte-Verl.

Myer, G. D., Ford, K. R., Brent, J. L., & Hewett, T. E. (2007). Differential neuromuscular training effects on ACL injury risk factors in „high-risk“ versus „low-risk“ athletes. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 8, 39.

Petersen, W., Rosenbaum, D., & Raschke, M. (2005). Rupturen des vorderen Kreuzbandes bei weiblichen Athleten. Teil 1: Epidemiologie, Verletzungsmechanismen und Ursachen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 56(6), 150–156.

Petersen, W., & Tillmann, B. (2002). Anatomie und Funktion des vorderen Kreuzbandes. *Der Orthopäde*, 31(8), 710–718.

Petersen, W., Zantop, T., & Becker, R. (2009). *Das vordere Kreuzband: Grundlagen und aktuelle Praxis der operativen Therapie ; mit 29 Tabellen* (1. Aufl). Köln: Deutscher Ärzte-Verl.

Pfeiffer, R. P. (2006). Lack of Effect of a Knee Ligament Injury Prevention Program on the Incidence of Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury. *The Journal of Bone and Joint Surgery (American)*, 88(8), 1769.

Rauber, A., & Leonhardt, H. (Hrsg.). (1987). *Anatomie des Menschen:: Lehrbuch u. Atlas. 1: Bewegungsapparat*. Stuttgart: Thieme.

Russel, K. A., Palmieri, R. M., Zinder, S. M., & Ingersoll, C. D. (2006). Sex Differences in Valgus Knee Angle During a Single-Leg Drop Jump. *Journal of Athletic Training*, 41(2), 166–171.

Söderman, K., Werner, S., Pietilä, T., Engström, B., & Alfredson, H. (2000). Balance board training: prevention of traumatic injuries of the lower extremities in female soccer players?: A prospective randomized intervention study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 8(6), 356–363.

Soligard, T., Myklebust, G., Steffen, K., Holme, I., Silvers, H., Bizzini, M., ... Andersen, T. E. (2008). Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. *BMJ*, 337(dec09 2), a2469–a2469.

Steffen, K., Andersen, T. E., Krosshaug, T., van Mechelen, W., Myklebust, G., Verhagen, E. A., & Bahr, R. (2010). ECSS Position Statement 2009: Prevention of acute sports injuries. *European Journal of Sport Science*, 10(4), 223–236.

Steffen, K., Myklebust, G., Olsen, O. E., Holme, I., & Bahr, R. (2008). Preventing injuries in female youth football - a cluster-randomized controlled trial: Injury prevention in youth football. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 18(5), 605–614.

Strobel, M., Stedtfeld, H.-W., & Eichhorn, H. J. (2013). *Diagnostik des Kniegelenkes*. Abgerufen von <http://link.springer.com/openurl?genre=book&isbn=978-3-662-06598-3>

Wilcke, A. (2013). *Vordere Kreuzbandläsion: Anatomie Pathophysiologie Diagnose Therapie Trainingslehre Rehabilitation*. Heidelberg: Springer. Abgerufen von <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:1111-201109083644>

Zebis, M. K., Bencke, J., Andersen, L. L., Døssing, S., Alkjaer, T., Magnusson, S. P., ... Aagaard, P. (2008). The effects of neuromuscular training on knee joint motor control during sidecutting in female elite soccer and handball players. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 18(4), 329–337.

Internetquellen:

Anatomy Physiotherapy. (2014). www.anatomy-physiotherapy.com/images/articles/p3/f533/8822d3ea_Capture.JPG, Zugriff v. 15.05.2016.

Bundesministerium für Gesundheit. (2015). Prävention. <http://www.bmg.bund.de/glossarbegriffe/p-q/praevention.html>, Zugriff v. 15.05.2016.

Duden: www.duden.de/rechtschreibung/konditionieren, Zugriff v. 21.04.2016.

Gesundheitsberichterstattung des Bundes. (2014). Diagnosedaten der Krankenhäuser ab 2000. www.gbe-bund.de/oowa921-install/servlet/oowa/aw92/dboowasys921.xwdevkit/xwd_init?gbe.isgbetol/xs_start_neu/&p_aid=3&p_aid=44790877&nummer=550&p_sprache=D&p_indsp=-&p_aid=66776345, Zugriff v. 09.04.2016.

Orthopädische Chirurgie Bayreuth. www.oc-bayreuth.de/krankheitsbilder/themen/sportspezifische-verletzungen/frauenfussball/, Zugriff v. 09.04.2016.

Anlagen

1. FIFA 11+ Manual.....	XII
-------------------------	-----

1. FIFA 11+ Manual

FIFA 11+

TEIL 1 LAUFÜBUNGEN · 8 MINUTEN



1 LAUFEN GERADEAUS

6-10 Markierungen sind im Abstand von ca. 5-6 m in zwei parallelen Linien aufgestellt. Zwei Spieler starten gleichzeitig an der ersten Markierung und **laufen gemeinsam zur letzten Markierung**. Innen an den Markierungen Hin- und zurück auslaufen. Tempo auf dem Rückweg je nach Aufwandsstatus langsam steigern. **2 Mal.**



4 LAUFEN SEITGALOPP

Zur ersten Markierung laufen, von dort **im Seitgalopp** auf einander zu bewegen, **um den Partner herum** (ohne die Blickrichtung zu ändern) und zurück zur ersten Markierung. Bei jeder Markierung wiederholen. **Beachte:** Körpergewicht auf dem Vorfuß, Hüfte und Knie leicht gebeugt, um den Körperschwerpunkt tief zu halten. **2 Mal.**



2 LAUFEN HÜFTDREHUNG NACH AUSSEN

Zur ersten Markierung gehen oder locker laufen, dort stehen bleiben. **Knie nach vorne anheben, zur Seite führen** und Bein absetzen. Bei der nächsten Markierung mit dem anderen Bein. **2 Mal.**



5 LAUFEN SCHULTERKONTAKT

Zur ersten Markierung laufen, von dort **im Seitgalopp** auf einander zu bewegen. In der Mitte **seitlich gegen einander springen**, so dass sich die Schultern berühren. **Wichtig:** Mit gebeugter Hüfte und Knie auf beiden Füßen landen. Die Knie nicht nach hinten einklinken lassen. Gleichzeitig mit dem Partner abspringen und landen. **2 Mal.**



3 LAUFEN HÜFTDREHUNG NACH INNEN

Zur ersten Markierung gehen oder locker laufen, dort stehen bleiben. **Knie seitlich anheben, nach vorne führen** und Bein absetzen. Bei der nächsten Markierung mit dem anderen Bein. **2 Mal.**



6 LAUFEN VOR UND ZURÜCK SPRINTEN

Zur zweiten Markierung **sprinten** und **rückwärts zur ersten Markierung zurück sprinten**, dabei Hüfte und Knie leicht gebeugt halten. Dann wieder zwei Markierungen nach vorne und eine zurück sprinten und so den Parcours durchlaufen. Mit kleinen, schnellen Schritten sprinten. **2 Mal.**

TEIL 2 KRAFT · PLYOMETRIE · GLEICHGEWICHT · 10 MINUTEN



LEVEL 1 7 UNTERARMSTÜTZ HALTEN

Ausgangsposition: Bauchlage, auf den Unterarmen und Füßen abstützen. Ellbogen und untere Arme unter den Schultern. **Übung:** Körper anheben, Bauch anspannen und die Position 20-30 Sek. halten. **3 Mal.**



8 SEITLICHER UNTERARMSTÜTZ HALTEN

Ausgangsposition: Seitlage, unteres Knie rechtwinklig beugen, auf Unterarm und oberem Bein abstützen. Ellbogen des Stützarms ist senkrecht unter der Schulter. **Übung:** Hüfte und oberes Bein anheben. Schulter, Hüfte und Knie sollen eine gerade Linie bilden. Position 20-30 Sek. halten. Kurze Pause, Seite wechseln, Übung wiederholen. **3 Mal** auf jeder Seite.



9 OBERSCHENKELRÜCKSEITE ANFÄNGER

Ausgangsposition: Auf weicher Unterlage knien. Unterschenkel werden vom Partner bei auf den Boden gedrückt. **Übung:** Der Körper soll während der gesamten Übung von den Schultern bis zu den Knien gerade bleiben. Langsam nach vorne neigen, mit der Oberknie- und Gesäßmuskulatur haben. Wenn der Körper nicht mehr gestreckt gehalten werden kann, in die Liegestützposition fallen lassen und das Körpergewicht mit den Händen abstützen. Mindestens **3 - 5 Mal** und/oder 60 Sek. wiederholen.



10 EINBEINSTAND MIT DEM BALL

Ausgangsposition: Auf einem Bein stehen, Knie leicht gebeugt. **Übung:** Das Gleichgewicht halten, den Ball in beiden Händen vor dem Körper. Körpergewicht auf dem Vorfuß. **Wichtig:** Knie nicht nach innen einklinken lassen. 30 Sek. halten. Bein wechseln und Übung wiederholen. Übung erschweren, indem der Ball um die Hüfte und/oder das andere Knie geknist wird. **2 Mal** auf jedem Bein.



11 KNIEBEUGEN AUF DIE ZEHNENSPITZEN

Ausgangsposition: Hüftbreit auf beiden Beinen stehen. Hände nach Belieben in die Hüften stecken. **Übung:** Hüfte, Knie und Fußspitze langsam beugen, bis die Knie einen rechten Winkel bilden, dabei den Oberkörper deutlich nach vorne neigen. Langsam beugen, schnell strecken - bis auf die Zehenspitzen - und wieder langsam beugen. Die Knie nicht nach innen einklinken lassen. Übung 30 Sek. wiederholen. **2 Mal.**



12 SPRINGEN SPRÜNGE NACH OBEN

Ausgangsposition: Hüftbreit auf beiden Beinen stehen. Hände nach Belieben in die Hüften stecken. **Übung:** Als ob man sich auf einen Stuhl setzen wollte, Hüfte und Knie langsam beugen, bis die Knie einen rechten Winkel bilden. Position 2 Sek. halten. Die Knie nicht nach innen einklinken lassen. Aus dieser Position so hoch wie möglich springen. Weich auf den Vorfüßen landen, dabei Hüfte und Knie leicht gebeugt halten. Übung 30 Sek. wiederholen. **2 Mal.**



LEVEL 2 7 UNTERARMSTÜTZ BEINE WECHSELND ANHEBEN

Ausgangsposition: Bauchlage, auf den Unterarmen und Füßen abstützen. Ellbogen und untere Arme unter den Schultern. **Übung:** Körper anheben und Bauch- und Gesäßmuskeln anspannen. Die Beine abwechselnd anheben und ca. 2 Sek. halten. Etwa 40-60 Sek. lang wiederholen. Der Körper soll eine gerade Linie bilden. Den Rücken nicht durchhängen lassen. **3 Mal.**



8 SEITLICHER UNTERARMSTÜTZ HÜFTE HEBEN UND SENKEN

Ausgangsposition: Seitlage, Beine gestreckt, auf Unterarm und Aussenseite des Fußes abstützen. Der Körper soll von der Schulter bis zum Knie eine gerade Linie bilden. Ellbogen des Stützarms ist senkrecht unter der Schulter. **Übung:** Hüfte zum Boden bewegen und wieder anheben. 20-30 Sek. wiederholen. Kurze Pause, Seite wechseln, Übung wiederholen. **3 Mal** auf jeder Seite.



9 OBERSCHENKELRÜCKSEITE FORTGESCHRITTENE

Ausgangsposition: Auf weicher Unterlage knien. Unterschenkel werden vom Partner bei auf den Boden gedrückt. **Übung:** Der Körper soll während der gesamten Übung von den Schultern bis zu den Knien gerade bleiben. Langsam nach vorne neigen, mit der Oberknie- und Gesäßmuskulatur haben. Wenn der Körper nicht mehr gestreckt gehalten werden kann, in die Liegestützposition fallen lassen und das Körpergewicht mit den Händen abstützen. Mindestens **7 - 10 Mal** und/oder 60 Sek. wiederholen.



10 EINBEINSTAND BALL GEGENSEITIG ZUWERFEN

Ausgangsposition: Zwei Spieler stehen sich - in Abstand von 2-3 m - auf einem Bein gegenüber. **Übung:** Sich den Ball gegenseitig zuwerfen. Dabei das Gleichgewicht halten und den Bauch anspannen. Körpergewicht auf dem Vorfuß. **Wichtig:** Knie nur leicht gebeugt, nicht nach innen einklinken lassen. Nach 30 Sek. Bein wechseln und Übung wiederholen. **2 Mal** auf jedem Bein.



11 KNIEBEUGEN AUSFALLSCHRITTE

Ausgangsposition: Hüftbreit auf beiden Beinen stehen. Hände nach Belieben in die Hüften stecken. **Übung:** Mit langamen, gleichmäßigen Ausfallschritten vorwärts gehen. Dabei Hüfte und Knie beugen, bis das vordere Knie einen rechten Winkel bildet. Knie nicht nach innen einklinken lassen. Oberkörper und Hüfte nicht zur Seite kippen lassen. Das Spiel mit Ausfallschritten überqueren (ca. 10 Schritte je Bein) und locker zurücklaufen. **2 Mal.**



12 SPRINGEN SPRÜNGE ZUR SEITE

Ausgangsposition: Auf einem Bein stehen, Oberkörper in der Hüfte leicht nach vorne neigen. Knie und Hüfte leicht beugen. **Übung:** Vom Standbein ca. 1 m schräg auf das andere Bein springen. Weich auf dem Vorfuß landen, dabei Hüfte und Knie leicht gebeugt halten. Knie nicht nach innen einklinken lassen. Bei jedem Sprung das Gleichgewicht behalten. Übung 30 Sek. wiederholen. **2 Mal.**



LEVEL 3 7 UNTERARMSTÜTZ BEIN ANHEBEN UND HALTEN

Ausgangsposition: Bauchlage, auf den Unterarmen und Füßen abstützen. Ellbogen und untere Arme unter den Schultern. **Übung:** Körper anheben und Bauch anspannen. Ein Bein ca. 10-15 cm vom Boden anheben und die Position 20-30 Sek. halten. Der Körper soll eine gerade Linie bilden. Andere Hüfte nicht nach unten kippen und den Rücken nicht durchhängen lassen. Kurze Pause, Übung mit anderem Bein wiederholen. **3 Mal.**



8 SEITLICHER UNTERARMSTÜTZ BEIN HEBEN UND SENKEN

Ausgangsposition: Seitlage, Beine gestreckt, auf Unterarm und Aussenseite des Fußes abstützen. Der Körper soll von der Schulter bis zum Knie eine gerade Linie bilden. Ellbogen des Stützarms ist senkrecht unter der Schulter. **Übung:** Oberes Bein anheben und langsam wieder senken. 20-30 Sek. wiederholen. Kurze Pause, Seite wechseln, Übung wiederholen. **3 Mal** auf jeder Seite.



9 OBERSCHENKELRÜCKSEITE TOPFIT

Ausgangsposition: Auf weicher Unterlage knien. Unterschenkel werden vom Partner bei auf den Boden gedrückt. **Übung:** Der Körper soll während der gesamten Übung von den Schultern bis zu den Knien gerade bleiben. Langsam nach vorne neigen, mit der Oberknie- und Gesäßmuskulatur haben. Wenn der Körper nicht mehr gestreckt gehalten werden kann, in die Liegestützposition fallen lassen und das Körpergewicht mit den Händen abstützen. Mindestens **12 - 15 Mal** und/oder 60 Sek. wiederholen.



10 EINBEINSTAND GLEICHGEWICHT TESTEN

Ausgangsposition: Zwei Spieler stehen sich - eine Armbreite entfernt - auf einem Bein gegenüber. **Übung:** Das Gleichgewicht halten, während die Partner abwechselnd versuchen, den anderen in verschiedene Richtungen aus dem Gleichgewicht zu bringen. Körpergewicht auf dem Vorfuß. **Wichtig:** Knie nicht nach innen einklinken lassen. Nach 30 Sek. Bein wechseln. **2 Mal** auf jedem Bein.



11 KNIEBEUGEN AUF EINEM BEIN

Ausgangsposition: Auf einem Bein stehen, sich seitlich etwas am Partner abstützen. **Übung:** Knie langsam so weit wie möglich, bis zum rechten Winkel beugen. Knie nicht nach innen einklinken lassen. Langsam beugen, etwas schneller strecken. Oberkörper und Hüfte nicht zur Seite kippen lassen. 10 Wiederholungen auf jedem Bein. **2 Mal.**



12 SPRINGEN KREUZSPRÜNGE

Ausgangsposition: Hüftbreit auf beiden Beinen stehen. Sich ein Kreuz auf dem Boden vorstellen, in dessen Mitte man steht. **Übung:** Abwechselnd vor- und zurück, seitwärts und diagonal übers Kreuz springen. So schnell und explosiv wie möglich springen. Hüfte und Knie leicht gebeugt halten. Weich auf den Vorfüßen landen. Die Knie nicht nach innen einklinken lassen. Übung 30 Sek. wiederholen. **2 Mal.**

TEIL 3 LAUFÜBUNGEN · 8 MINUTEN



13 LAUFEN ÜBER DAS SPIELFELD

Von einer Seite zur anderen über das Spielfeld rennen (mit 75-80 % der Maximalgeschwindigkeit). **2 Mal.**



14 LAUFEN HOCH-WEIT-SPRÜNGE

Mit hohen und weiten Sprüngen laufen. Das Knie des Schenkeins möglichst hoch und den Gegenarm vor den Körper bringen. Weich auf dem Vorfuß landen. Knie nicht nach innen einklinken lassen. So das gesamte Feld überqueren und zurück laufen, um sich zu erholen. **2 Mal.**



15 LAUFEN RICHTUNGSWECHSEL

4-5 Schritte laufen, nach Aufsetzen des rechten Fußes schneller Richtungswechsel nach links (plant & cut), beschleunigen, 5-7 Schritte sprinten (mit 80-90 % der Maximalgeschwindigkeit). Tempo verringern und Richtungswechsel nach rechts. Knie nicht nach innen einklinken lassen. So das gesamte Feld überqueren und zurück laufen. **2 Mal.**



Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Königsdorf, 03.06.2016

Sabrina Waldmann